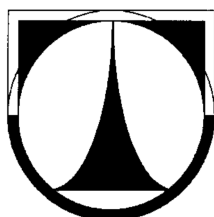


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní



Bakalářská práce

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Studijní program B2341-Strojírenství

Materiály a technologie

zaměření tváření kovů a plastů

Katedra strojírenské technologie

Oddělení tváření kovů a plastů

KSP-TP-B

Současný stav a trendy v oblasti vstřikovacích strojů na českém trhu

Current status and trends in injection molding machines in the Czech market

Vedoucí diplomové práce: Ing. Aleš Ausperger , Ph.D.

Konzultant diplomové práce: -

Rozsah práce a příloh:

Počet stran : 61

Počet tabulek : 5

Počet příloh : 0

Počet obrázků : 26



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta strojní

Katedra strojírenské technologie

Studijní rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jméno a příjmení

Štěpán S U K

Studijní program

B2341 Strojírenství

Studijní obor

3911R018 Materiály a technologie

Zaměření

Tváření kovů a plastů

Ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách se Vám určuje bakalářské práce na téma:

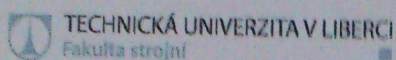
Současný stav a trendy v oblasti vstřikovacích strojů na českém trhu

Zásady pro vypracování:

(uveďte hlavní cíle bakalářské práce a doporučené metody pro vypracování)

1. Rozbor konstrukce vstřikovacích strojů a důležitá kritéria pro nákup nového stroje.
2. Rozbor konstrukčních možností vstřikovacích strojů a současná nabídka vstřikovacích strojů na českém trhu.
3. Trendy v konstrukci vstřikovacích strojů a ekologicko-ekonomické hledisko pro výběr vstřikovacího stroje.
4. Periferní zařízení zvyšující produktivitu vstřikovacích strojů s ohledem na výrobní možnosti.
5. Vyhodnocení získaných dat a jejich diskuse, závěr.





Forma zpracování bakalářské práce:

- průvodní zpráva: v rozsahu cca 30 stran
- přílohy: grafy, tabulky

Seznam literatury (uveďte doporučenou odbornou literaturu):

- [1] ŠTĚPEK, J., ZELINGER, J., KUTA, A., *Technologie zpracování a vlastností plastů 1*, vydání Praha, Bratislava : SNTL, Alfa, 1989, 638 s., ISBN DT 678.5(075.8).
- [2] SOVA, M., KREBS, J. *Termoplasty v praxi: Praktická příručka pro: konstruktéry, výrobce, zpracovatele a uživatele termoplastů*. Praha: Verlag Dashöfer, 2001. ISBN 80-86229-15-7.
- [3] ZEMAN, L. *Vstřikování plastů*, Praha: BEN - technická literatura, 2009. ISBN 978-80-7300-250-3.
- [3] KOLOUCH, J. *Strojírenské výrobky z plastů vyráběné vstřikováním*, Praha, SNTL, 1986.
- [4] Odborné články v časopisech.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Aleš Ausperger, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce:



prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld
vedoucí katedry

doc. Ing. Miroslav Malý, CSc.
děkan

V Liberci dne 17. 2. 2012

Platnost zadání bakalářské práce je 15 měsíců od vytyče uvedeného data, (v uvedené lhůtě je třeba podat přihlášku ke SZZ). Termíny odevzdání bakalářské práce jsou určeny pro každý studijní rok a jsou uvedeny v harmonogramu výuky.



Anotace

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Katedra strojírenské technologie

Oddělení tváření kovů a plastů

Studijní program: B2341-Strojírenství

Student: Štěpán Suk

Téma práce: Současný stav a trendy v oblasti vstřikovacích strojů na českém trhu
Current status and trends in injection molding machines in the Czech market

Číslo BP: KSP-TP-B

Vedoucí BP: Ing. Aleš Ausperger , Ph.D.

Konzultant: -

Abstrakt:

V bakalářské práci jsou uvedeny základní druhy konstrukcí vstřikovacích lisů. Práce obsahuje porovnání moderního elektrického stroje s klasickým hydraulickým. Charakterizuje několik světových společností zabývajících se výrobou vstřikovacích lisů. V závěru práce je probírána automatizační technika.

Abstract:

In this thesis are introduced basic types of injection molding machines. The text contains a comparison of modern electrical machines with conventional hydraulic and characterizes several companies in the world, which are engaged in the production of injection molding machines. At the end of the thesis automation technology is discussed.

Místopřísežné prohlášení:

Místopřísežně prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.

V Liberci,

.....
Štěpán Suk

Husova 656/28

460 17 Liberec 1

Poděkování:

Děkuji tímto vedoucímu bakalářské práce Ing. Alešovi Auspergerovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky při vypracování bakalářské práce. Dál bych chtěl poděkovat Ing. Petru Stiborovi, MBA ze společnosti Engel za poskytnuté materiály a připomínky k této práci. V neposlední řadě děkuji svým blízkým za poskytnutou podporu, kterou mi projevili při mém studiu.

Obsah

1 Úvod	13
2 Historie	14
3 Vstřikovací lis	15
3.1 Vstřikovací jednotka	16
3.1.1 Pístová vstřikovací jednotka	17
3.1.2 Standartní tří- zónový šnek	17
3.1.3 Bariérový šnek	18
3.1.4 Dvojčinný šnek	20
3.1.5 Zhodnocení výsledků	22
3.2 Uzavírací jednotka	22
3.2.1 Uzavírací jednotka se skládá	22
3.2.2 Výhody pístového uzavírání	23
3.2.3 Výhody kloubových uzávěrů	25
3.2.4 Současné trendy	25
3.2.5 Zhodnocení výsledků	26
3.3 Řídící jednotka	26
3.3.1 Současné řízení procesu	27
4 Výběrová kritéria vstřikovacího lisu	28
5 Technické parametry vstřikovacího lisu	30
5.1 Vstřikovací jednotka	30
5.2 Uzavírací jednotka	30
5.3 Pohon	31
5.4 Rozměry	31
6 Konstrukční provedení vstřikovacích lisů	31
6.1 Podle počtu desek:	31
6.1.1 Třideskový vstřikovací lis	31
6.1.2 Dvoudeskový vstřikovací lis	32

6.2	Podle počtu vodících sloupků	33
6.2.1	Bezsloupkový vstřikovací lis	33
6.3	Podle typu uzavírání	35
6.3.1	Horizontální vstřikovací lis	35
6.3.2	Vertikální vstřikovací lis	36
6.4	Podle pohonu lisu	36
6.4.1	Plně elektrické stroje	37
6.4.2	Hybridní stroje	38
7	Porovnání hydraulického a elektrického vstřikovacího stroje	38
8	Charakteristika a porovnání výrobců vstřikovacích lisů	41
8.1	Arburg	41
8.1.1	Aktuální nabídka strojů	41
8.2	Engel	42
8.2.1	Aktuální nabídka strojů	42
8.2.2	Cenová nabídka strojů	44
8.3	Battenfeld	44
8.3.1	Aktuální nabídka strojů	45
8.3.2	Cenová nabídka strojů	46
8.4	Babypast	46
8.4.1	Aktuální nabídka strojů	46
8.4.2	Cenová nabídka strojů	47
8.5	Krauss Maffei	47
8.5.1	Aktuální nabídka strojů	47
8.6	Haitian International Holding	49
8.6.1	Aktuální nabídka strojů	49
8.7	Invera	50
8.7.1	Aktuální nabídka strojů	50
8.8	Zhodnocení výsledků	51

9 Odebírání hotových dílů	52
9.1 Ručně	52
9.2 Bez odběru	52
9.3 Automatizace plastikářské výroby	52
9.3.1 Odebírač vtoků	53
9.3.2 Roboty	54
9.3.3 Komplexní automatizace	56
10 Závěr.....	57

Seznam použitých zkratk a symbolů

USA	Spojené státy americké
Tzv.	Takzvaný
Obr.	Obrázek
PC	Polycarbonát
PVC	Polyvinylchlorid
PP	Polypropylen
PA	Polyamid
POM	Polyoxymetylen
Cr	Chrom
Ni	Nikl
PET	Polyethylentereftalát
PS	Polystyren
PE	Polyethylen
ABS	Akrylonitril-butadien-styren
PMMA	Polymethylmetakrylát
HDPE	Vysokohustotní polyethylen
PBT	Polybutylentereftalát
LDPE	Nízkohustotní polyethylene
PB	Polybutylen
SAN	Styren-acrylonitril
TPE	Termoplastický polyolefin Fluorelastomer
PPE	Polyfenylenether
TPO	Thermoplastic elastomer - olefinic
N	Celkový počet výrobků
t_c	Celkový čas vstřikovacího cyklu
T	Požadovaný termín dodávky
K	Faktor využití pracovního času
V_s	Objem spojovacího kanálku
V_k	Objem rozváděcího kanálku
V	Objem vyráběného dílu
S_p	Průmětná plocha vyráběného dílu v dělicí rovině
P_{sp}	Vstřikovací tlak

D_k	Průměr rozváděcího kanálku
L	Délka rozváděcího kanálku
V_d	Vstřikovaný objem (dávky)
t_v	Doba vstřikování
ρ	Hustota použitého materiálu
n_T	Termínová násobnost vstřikovacího stroje
C	Minimální vstřikovací kapacita stroje
F_p	Minimální přidržovací síla
$D_{\text{š}}$	Vhodný průměr šneku
v_s	Vstřikovací rychlost
M	Průchod taveniny ze stroje do formy

1 Úvod

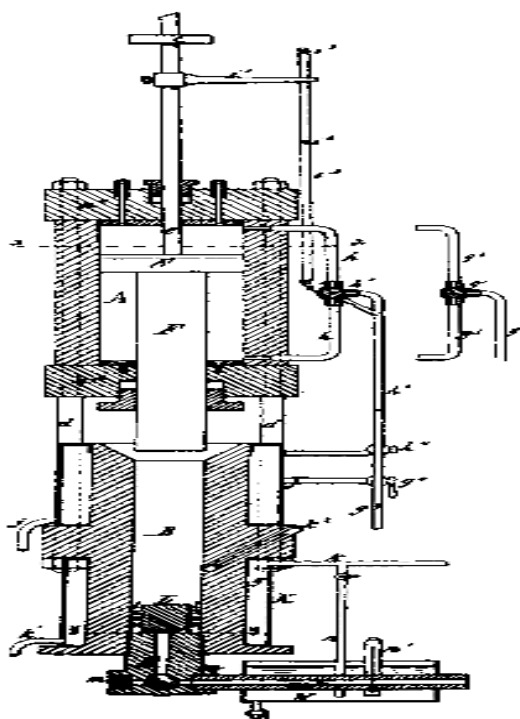
Většina technických výrobků z plastu je vyráběna pomocí vstřikovacích lisů. Technologie vstřikování, včetně strojů a zařízení pro její realizaci, urazila od svého vzniku velmi dlouhou a úspěšnou cestu. Příčinou velkého rozvoje jsou materiály. Díky širokým možnostem využití termoplastů, zejména v automobilovém, elektrotechnickém a v dalších oblastech průmyslu, je tato technologie i nadále velmi perspektivní. Velký pokrok zaznamenaly i stroje, které dokážou dodat široké nabídce materiálů tvar. Dalším důvodem tohoto rozvoje je vedle výhodných vlastností plastických materiálů především produktivní způsob zpracování. Vstřikovací lisy se zaměřují na určité materiály a výrobky, jak podle velikosti, tak podle tvarové složitosti výrobku. Konstrukce vstřikovacích lisů vychází z několika modelů. Každý výrobce však má vlastní specifická řešení. Výrobci strojů se neustále snaží nabízet produktivnější stroje s plnou automatizací k výrobě kvalitních výrobků i s ohledem na životní prostředí.

Cílem této práce je přiblížení současných trendů v konstrukci vstřikovacích strojů. Úvod práce se zaměřuje na základní popis a princip činnosti hlavních částí vstřikovacího stroje. Mimo základní popis jsou u hlavních částí charakterizovány vývojové tendence. V další části se práce soustřeďuje na výběrová kritéria vstřikovacího lisu. V následujícím textu jsou stroje rozděleny do skupin podle jejich konstrukčního provedení. Každá skupina je popsána. Práce obsahuje srovnání elektrického lisu s hydraulickým. Dále jsou shrnuty známější výrobci vstřikovacích lisů s aktuální nabídkou strojů. V závěru práce se uvádí druhy odběru hotových výstřiků.

Bakalářská práce vznikla v rámci řešení projektu studentské grantové soutěže 2822.

2 Historie

Počátek historie vstřikování plastů ve světě začíná v roce 1870, kdy objevili bratři Hyattové z USA první termoplast tzv. celuloid. Vzápětí v roce 1872 vzniká první stroj na zpracování tohoto materiálu. Vznikl první vstřikovací stroj (obr. 1), který byl sestaven z párou vytápěného válce s hydraulickým pístem a tryskou umístěnou kolmo na osu válce a její konec ústící do dvoudílné ocelové formy, která se uzavírala pomocí hydraulického válce. Prvními výstřiky byly obštríkuty kovové přezky pro armádu USA a dřevěná jádra štětek na holení. [2]



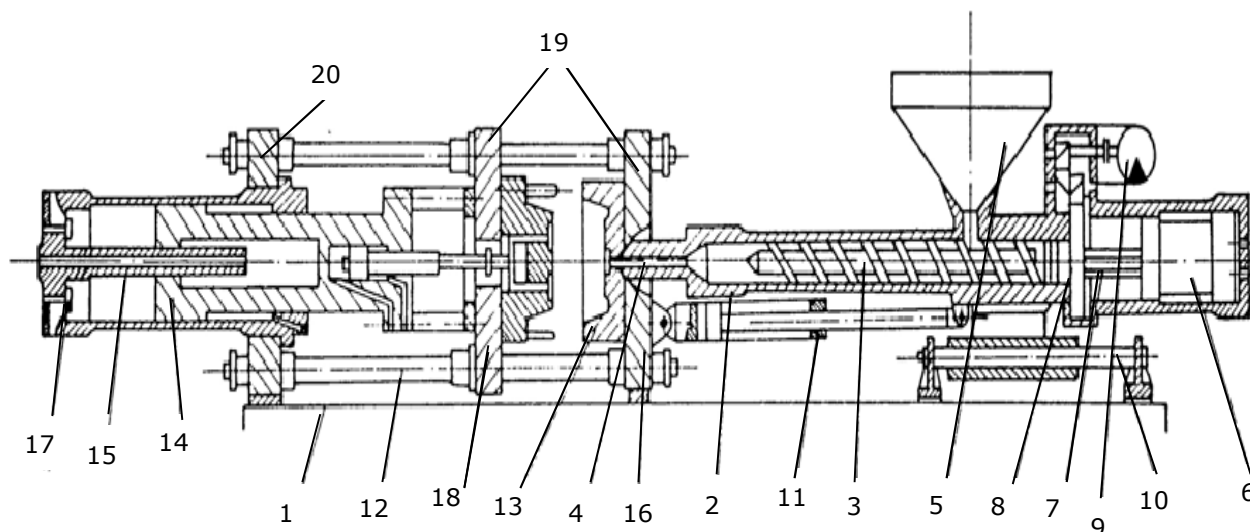
Obr. 1 první vstřikovací stroj [45]

Vstřikování plastů se začalo jako výrobní obor rozvíjet po 1. světové válce. V roce 1929 zahajuje výrobu pístových vstřikovacích strojů firma Ing. Vltavský v Rakovníku (Československo). V roce 1930 firma Ford začíná montovat komponenty z plastů do svých osobních automobilů. Roku 1946 vynalezl američan James Watson Hendry stroj se šnekovou plastifikací. První vstřikovací stroj se šnekovou plastikací místo pístové postavila firma Windsdor v roce 1951. V roce 1979 je prvně nasazen k vstřikovacímu stroji robot. Roku 1983 představují firmy Battenfeld a Netstal automatizované vstřikovny. V roce 1985 je předveden první systém využívající 3D matematické modelování a první plně elektrický vstřikovací stroj. [3]

3 Vstřikovací lis

Vstřikování probíhá na moderních strojích (obr. 2) většinou automaticky, čímž se dosahuje vysoké produktivity práce. Pořizovací cena stroje i vstřikovací formy je však značně vysoká, proto je tato technologie vhodná zejména pro hromadnou výrobu. [5]

Princip činnosti vstřikovacího lisu je založen na tom, že plast ve formě granulí je nasypán do násypky vstřikovacího stroje, což může být zajištěno pomocí podavače. Z násypky je veden do komory, kde je odebrán otáčejícím se šnekem, který dopravuje granulát do vstřikovacího válce, kde za současného působení tření mezi šnekem a vytápěným válcem vzniká z plastu tavenina, která se nashromáždí před špičkou šneku. Tavenina plastu je následně vedena do trysky, z které je pod tlakem vstříknuta do dutiny formy, jenž zcela zaplní. Poté následuje dotlak pro eliminaci smrštění. Dutina formy je chlazená protékající vodou chladícími kanálky a tavenina termoplastu v ní tuhne. Potom se forma otevře a výrobek je vyhazovači vyhozen z formy. Obsluha vyjímá ze zásobníku finální výrobek. Celý cyklus se opakuje stále dokola. [5]



Obr. 2 řez vstřikovacím lisem [40]

- 1 základ – 2 vstřikovací válec – 3 vstřikovací šnek – 4 vstřikovací tryska
- 5 násypka – 6 hydraulický píst – 7 drážkový hřídel – 8 ozubené kolo
- 9 rotační hydromotor – 10 vedení vstřikovacího válce – 11 odtahový válec
- 12 vodící sloup – 13 pevná polovina formy – 14 hlavní uzavírací píst
- 15 pomocný uzavírací píst – 16 pevná upínací deska – 17 přívod kapaliny
- 18 pohyblivá upínací deska – 19 chladící kanálky – 20 čelní deska

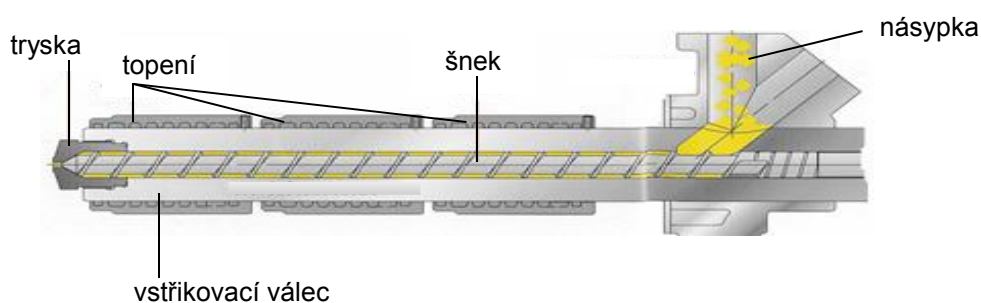
Vstřikovací lisy jsou vybaveny třemi základními mechanismy, **vstřikovací jednotkou, uzavírací jednotkou a řídicí jednotkou**.

3.1 Vstřikovací jednotka

Vstřikovací jednotka plní dva hlavní úkoly: přeměňuje granulát plastu na homogenní taveninu o dané viskozitě, vstřikuje taveninu vysokou rychlostí a velkým tlakem do dutiny formy. Hlavním prvkem vstřikovací jednotky je šnek. Jeho úkolem je převést granulát do plastického stavu a zajistit maximální teplotní homogenitu taveniny. Bohužel neexistuje univerzální šnek, který by byl vhodný pro všechny druhy plastů, proto se u různých druhů materiálu mění geometrie šneku. [5]

Princip činnosti:

Činností vstřikovací jednotky (obr. 3) je, že při plastikaci se šnek otáčí a v hrdle násypky nabírá granulát, který stlačuje a dopravuje jej do vytápěných částí tavící komory, kde materiál taje a jako tavenina se hromadí před špičkou šneku. Šnek je během otáčení tlačěn hromadící se taveninou a ustupuje směrem dozadu od trysky. Musí však v případě tří-zónového šneku vyvinout tak zvaný zpětný tlak. Ten zajistí dostatečné zhomogenizování taveniny bez pevných částic. Po zplastikování potřebného množství plastu se otáčivý pohyb zastaví a šnek se bez otáčení pohybuje dopředu jako píst a vstřikuje taveninu do dutiny formy. [5]



Obr. 3 řez vstřikovací jednotkou [5]

Konstrukce šneku je přizpůsobena činností, které šnek musí vykonávat, to je dávkování, doprava materiálu, plastikace, hnětení a vstříknutí do formy.

3.1.1 Pístová vstřikovací jednotka

Pístová jednotka byla v minulém století první použitou vstřikovací jednotkou. Funkce je totožná jako u tlakového lití kovů. Se zvyšujícími se nároky na homogenitu polymeru, plastifikační výkon a spolehlivost plastifikace byly během poloviny 20. století postupně vytlačeny šnekovými jednotkami. Dnes se pístové jednotky téměř nepoužívají. [5]

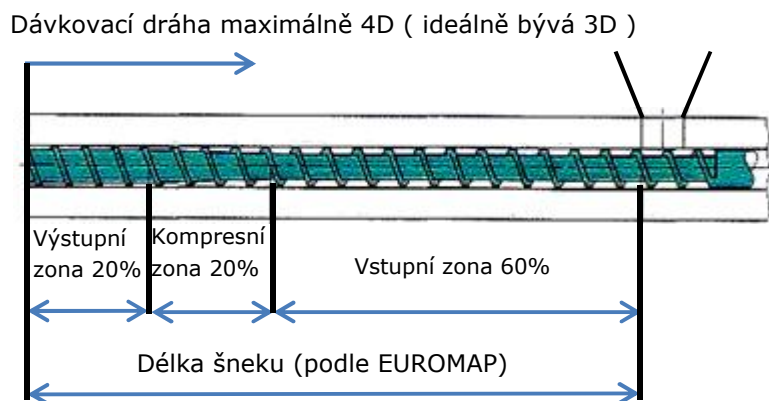
3.1.2 Standartní tří- zónový šnek

Na šneku je možno rozlišit tři funkční pásma (obr. 4). Pod násypkou je šnekový kanál nejhlubší a průměr jádra šneku nejmenší. Hloubka je konstantní. Toto pásmo se nazývá *vstupní*. Zpracováváný materiál je v něm hlavně stlačován, čímž se vytěsňuje vzduch z prostoru mezi granulemi a je ohříván třením. Pohyb granulí je dán rozdílným třením materiálu po stěnách vstřikovacího válce a šneku. Tření na stěnách válce musí být vždy větší než po povrchu šneku. V opačném případě nedochází k mísení materiálu a materiál se může lepit na povrch šneku. Díky teplu od topných pásů a tření se začne na konci této části tvořit vrstvička taveniny. [5],[9]

Ve druhém, prostředním pásmu, se průměr jádra šneku směrem k trysce zvětšuje a hloubka šnekového kanálu se lineárně zmenšuje. Důsledkem toho dochází ke značnému stlačování materiálu, a proto se této části říká pásmo *kompresní*. V této části dochází k nejintenzivnějšímu tání granulátu. Granulát se působením tepla od vytápěného válce i frikčním teplem daným třením materiálu o stěny dále zahřívá a postupně měkne a natavuje se. Vznikající tavenina se působením čela závitu neustále stírá ze stěn válce a mísí se zbylým materiálem. Neustálé zmenšování hloubky závitu má za účinek zvyšování tlaku a smykového tření na ještě neroztavený granulát. Někdy vede potřeba zvyšovat plastifikační výkon zvýšením otáček jednak k přehřátí materiálu a jeho degradaci. Rovněž se přestává míchat tavenina s pevnými částicemi, které se pak netrou o stěny válce a dál jsou rozpouštěny pouze přestupem tepla z taveniny. Materiál pak plastifikuje pomaleji. [5],[9]

Vzniklá tavenina je však zatím teplotně nehomogenní. Homogenizace je úkolem posledního pásma šneku u trysky. Toto pásmo se proto jmenuje *homogenizační* anebo *výstupní*. Hloubka šnekového kanálu je po celé délce

výstupního pásma opět konstantní, ale je menší, než-li ve vstupním pásmu. Proces rozpouštění by měl být ukončen na konci kompresní zóny. Ve výstupní zóně by měl být materiál již jen promícháván s barvivem a dalšími aditivy a homogenizován s rovnoměrným rozložením teplot v celém objemu hmoty.[5],[9]



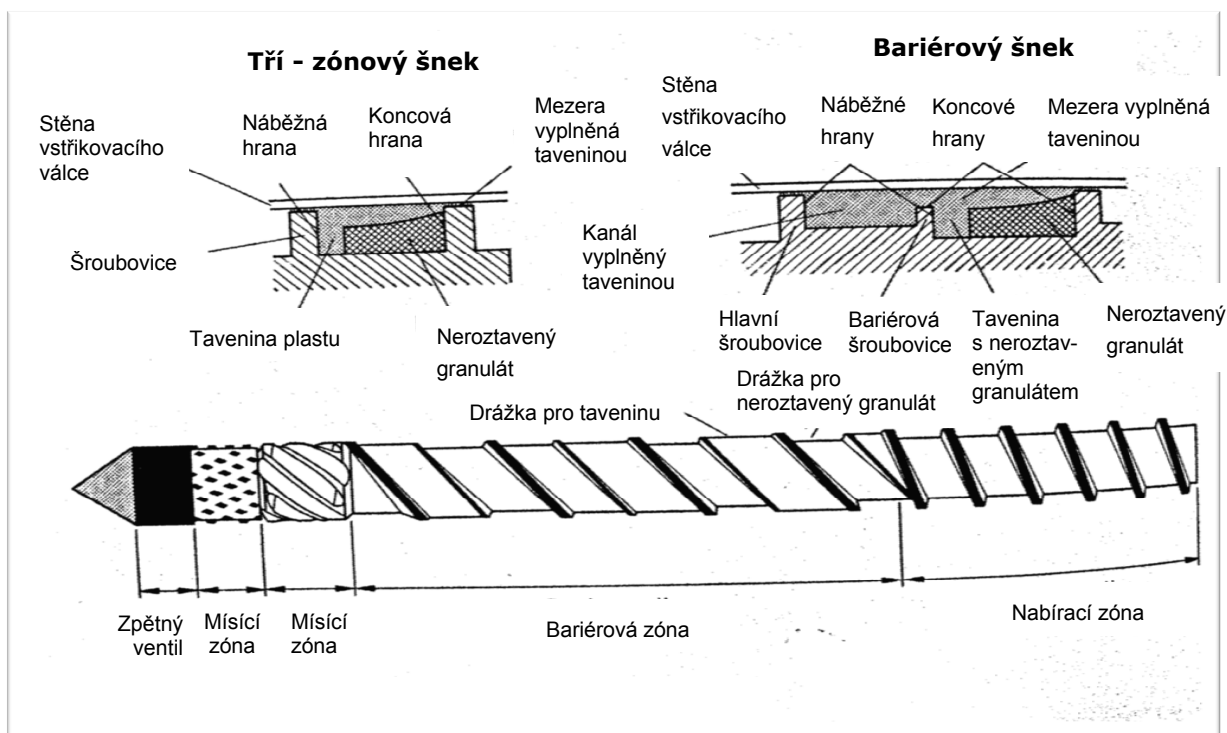
Obr. 4 Tří- zónový šnek [5]

Důležitou částí šneku je jeho zakončení, neboť tavenina má při vstřikování snahu téci šnekovým kanálem zpět směrem k násypce. Tato tendence je tím větší, čím má hmota vyšší tekutost. Proto se zakončení šneku konstruuje tak, aby se tomuto jevu zabránilo. Existují různá řešení, jako je tupé zakončení šneku nebo prodloužené zakončení špičky šneku, ale nejspolehlivější je zakončení se zpětným uzávěrem (ventilem). [5]

Tavicí komora je zakončena vstřikovací *tryskou*. Trysky se konstruuji buď jako otevřené (pro vysoce viskózní materiály) s otvorem o průměru 3 až 8 mm, nebo jako uzavíratelné, které se otevrou pouze při dosedu vstřikovací jednotky na formu. Tryska zajišťuje spojení mezi komorou a formou, protože přivádí taveninu do vtokových kanálů ve formě. [5]

3.1.3 Bariérový šnek

Na rychlost tavení materiálu působí nepřímo úměrně šířka a hloubka závitů šneku. U standartních tří-zónových šneků se pak při plastikaci dostáváme k maximu možnému výkonu, který už nejde dále zvyšovat. Je proto vhodné použít speciálního šneku-bariérového (obr. 5). Mimo výkon má však další podstatné výhody díky nimž se používá. [9]



Obr. 5 Ukázka bariérového šneku s porovnáním řezu bariérového a tří-zónového [42]

Bariérové šneky mají oproti tří-zónovým v kompresní zóně druhý závit, jehož funkcí je rozdělit taveninu plastu od neroztavených granulí. Zbývající granulát se tlačí přes bariérovou stěnu a po určité době dojde vlivem působení tření a tepla od vytápěného vstřikovacího válce k úplnému roztavení. Bariérová stěna pak stírá vzniklou taveninu do druhého závitu bariérové zóny. Tím se dosahuje mnohem lepšího prostupu tepla do materiálu. Rovněž vzniká větší frikční teplo. [9],[8],[7],[6],[42]

Stoupání v bariérové zóně je mnohem větší než-li v oblasti výstupní. Je to z důvodu získání většího objemu potřebného do druhého závitu v bariérové zóně. Mezera v bariérové zóně je volena tak, aby přes ni neprošel pevný granulát, ale také aby se nepřekročilo smykové namáhání materiálu, při kterém může například u materiálů jako PC nebo PVC docházet k jejich degradaci. Druhý závit šneku je postupně mnohem hlubší oproti prvnímu, jelikož už není nutné promíchávat taveninu s neroztaveným granulátem, který je již roztavený. Důsledkem je nižší tření. Tím je možné používat vyšší otáčky šneku v porovnání s tří-zónovým šnekem = vyšší plastifikační výkon a také se zlepšuje homogenizace polymeru a promísení s aditivou, barvivou. Většinou se využívá maximálních otáček, které stroj dokáže vyvinout.

Speciální bariérové šneky jsou dnes jedny z nejpoužívanějších a mnohdy nahrazují šneky 3-zonové. [9],[8],[7],[6],[42]

Vývoj bariérových šneků ukázal, že je jimi možné zpracovávat jak částečně krystalické, tak amorfni i elastomerické materiály. Zvýšil se výkon plastifikace, zlepšila se homogenita i probarvení. U firmy Engel bylo vyzkoušeno, že bariérový šnek je možné použít pro tyto materiály například: HDPE, LDPE, PP, PB, ABS, PS, SAN, PC, PC/ABS, PC/PBT, PBT, PET, PMMA, TPO, TPE, PPE (+PA). Pouze u materiálů plněných vlákny (hlavně skleněnými) nejsou zkušenosti s bariérovým šnekem pozitivní. Do budoucna je ale možné, že v kombinaci s úpravou povrchu se i toto změní. [9]

3.1.4 Dvojčinný šnek



Obr. 6 Dvojčinný šnek Engel [10]

Pokroky ve výrobě forem a v technologiích temperace mají za následek trvalé snižování doby chlazení a ve spojení s paralelními pohyby u plně elektrických a hybridních strojů výrazné zkracování výrobních cyklů. Potřebného plastifikačního výkonu pak často nelze dosáhnout při použití běžných tří-zonových šneků. Důsledkem zrychlování plastifikace může být nedostatečná homogenita taveniny nebo kvality dílů, ale i velké opotřebení komory, šneku a zpětné uzávěry. Dvojčinný šnek (obr. 6) nově vyvinutý ve spol. ENGEL požadovaného nárůstu plastifikačního výkonu dosahuje. [10], [12]

Plochá nabírací zóna umožňuje dvojčinnému šneku vyvinout vysokou třecí energii a tak je dosažena vysoká míra natavení materiálu již před kompresí. Tím se zabraňuje tvorbě „pevného klínu“, který způsobuje vychýlení šneku a tím i zvýšené opotřebení. Pevný klín je okamžik, kdy je na protilehlých bodech průměru šneku v místě mezi tavící komorou a šnekem rozdílný tlak v kompresní zóně vlivem například neroztavených granulí. Kromě toho, snižuje druhý závit vychýlení od středu nabírací zóny. Tento druhý závit se

nachází přímo proti prvnímu a zajišťuje tak symetrický profil tlaku při dávkování. [10], [12]

Aby se zamezilo zpětnému toku materiálu, je na začátku nabírací zóny šnek jednočinný. Takto lze dosáhnout výrazně vyššího výkonu dávkování ve srovnání se standardními šnekami, a to zejména v aplikacích, které byly dosud považovány za problematické. To zahrnuje, například:

Technické díly z PP- jako snadno tekoucí plast s nízkou tepelnou vodivostí lze PP roztavit obtížně. Při dosažení dobré kvality taveniny při standardních časech cyklu 10 až 20 sekund u technických dílů se používají dražší bariérové šneky využívané hluboko pod jejich výkonovým limitem. [10], [12]

Tenkostěnné technické díly z PA - podobně jako u PP, vyžaduje PA mnoho energie. Díky tvrdému granulátu s vysokým bodem tání, zde ale není použití bariérových šneků vhodné. U rychlých cyklů je proto nutné použít větší agregát nebo šnek s podstatně větším průměrem. [10], [12]

Díly z POM- POM se začíná rozkládat již těsně nad teplotou zpracování-cca. 200 až 220 °C. Při vysokých rychlostech dávkování dochází k dopravě nenatavených granulí do kompresní zóny a šnek je tlačěn proti komoře, což může vést k rychlému opotřebení. Z toho důvodu se pracuje se šneky s velkými průměry a musí se omezovat rychlost dávkování. Použití větších šneků přináší vyšší náklady, zejména při nutnosti nákupu větší vstřikovací jednotky. [10], [12]

Ve srovnání s běžnými šneky je proto použití dvojčinného šneku při zpracování snadno tekoucích plastů technicky optimálním a výrazně levnějším řešením, a to zejména uvedených aplikací. V závislosti na zpracovávaném plastu lze se stejným průměrem šneku dosáhnout průměrného snížení času dávkování o cca. 30%. [10], [12]

Dvojčinné šneky jsou k dispozici ve standardních délkách (L/D 20) a průměrech 35 až 80 mm.

Firma ENGEL nabízí tři provedení:

- Nitridované šneky pro plasty bez plniv.
- Kalené šneky pro korozivní materiály a materiály až s 30% plniva.
- Šneky s povrchem CrN pro lékařské aplikace a materiály s vysoce korozivními plnivy. [10], [12]

3.1.5 Zhodnocení výsledků

Na volbu šneku má největší vliv druh zpracovávaného polymeru a také jestli bude použito nějaké aditivum. Pokud je například použit polymer s přidaným skelným nebo kovovým vláknem výrobci šneků nedoporučují použít bariérový šnek z hlediska vysokého opotřebení komory a šneku. Lepší variantou je pak klasický tří-zónový šnek. Bariérový šnek je vhodnější ke zpracování PET,PS,PP,PE,ABS,PA,POM,PMMA,PC,HDPE, pryskyřic a dalších polymerů při vysokém výkonu plastifikace, minimálním smykovém namáhání, lepším probarvením, nižší degradaci materiálu a s dobrou homogenitou materiálu. Další variantou je dvojčinný šnek, jenž nahrazuje bariérový šnek v případech, kdy je dražší bariérový šnek využíván hluboko pod svým výkonovým limitem nebo speciálně u vybraných materiálů jako je PA, POM, PP. V současnosti existuje mnoho různých geometrií šneků pro zpracování různých druhů polymerů.

3.2 Uzavírací jednotka

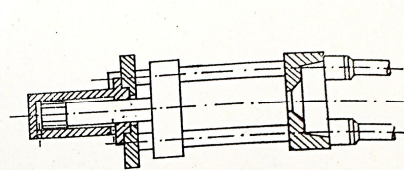
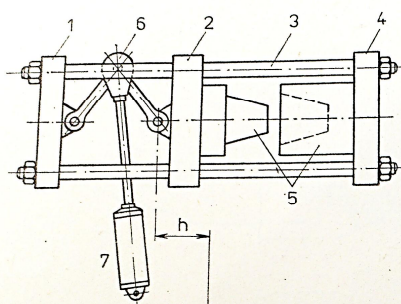
Úkolem uzavírací jednotky je co možno nejrychleji uzavírat a otevírat formu a dále přidržovat silou, než je síla vyvozená tlakem taveniny na stěny dutiny formy. Při činnosti formy je nutné rozlišovat přisouvací sílu F_p a uzavírací sílu F_u . V současnosti se dá síla i rychlost uzavírací formy naprogramovat pomocí řídicí jednotky stroje. [4], [5]

3.2.1 Uzavírací jednotka se skládá [4]

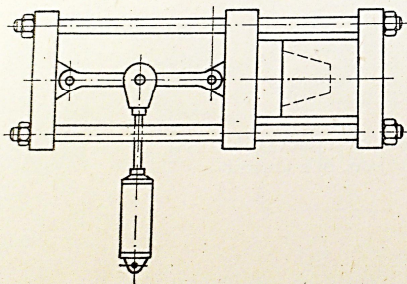
- a) opěrné (čelní) desky 1 pevně spojené s ložem stroje a sloupky
- b) pohyblivé upínací desky 2, na kterou je upnuta pohyblivá část formy

- c) upínací desky 4 s otvorem pro trysku, na kterou se připevní nepohyblivá část formy s vtokovou vložkou.
- d) vodících sloupků 3
- e) uzavíracího a přidržovacího mechanismu

Vstřikovací stroje používají v současné době různé uzavírací systémy. Uzavírací systém bývá konstruován jako pístový (obr. 7) nebo jako kloubový mechanismus (obr.8), který může mít hydraulický nebo elektrický pohon.



Obr.7 Hydraulická pístová uzavírací jednotka



Obr.8 Uzavírací jednotka s kloubovým uzávěrem ovládaným hydraulicky
1-opěrná (čelní) deska, 2-pohyblivá upínací deska, 3-vodící sloupky, 4-pevná upínací deska, 5-forma, 6-loubový mechanismus, 7-hydraulický válec, h-otevření stroje

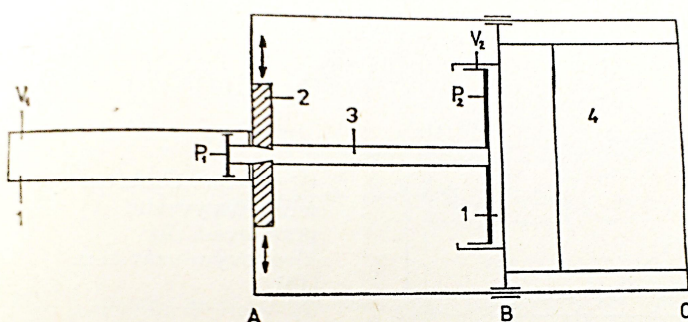
3.2.2 Výhody pístového uzavírání [4]

- jednoduché, masivní, relativně jednoduché
- přidržovací síla je přesně známa z tlakových údajů manometru hydraulického okruhu, je snadno a přesně nastavitelná s velkou reprodukovatelností
- jednoduchá kontrola a údržba stroje- převážně výměna manžet a těsnění
- možnost programové změny přidržovací síly v průběhu plnění umožňující tzv. dýchnutí formy.

V dnešní době lze dosáhnout oproti starším strojům mnohem větší uzavíracích rychlostí. Nejdůležitější je rychlý přívod značného množství tlakové kapaliny do přidržovacího válce. Stroj se uzavírá pomocným válcem malého průměru. Zároveň je při tomto pohybu přiváděna tlaková kapalina do

přidržovacího válce velkého průměru. Po uzavření formy je čerpadlem v přidržovacím válci vyvozena plná přidržovací síla. [4]

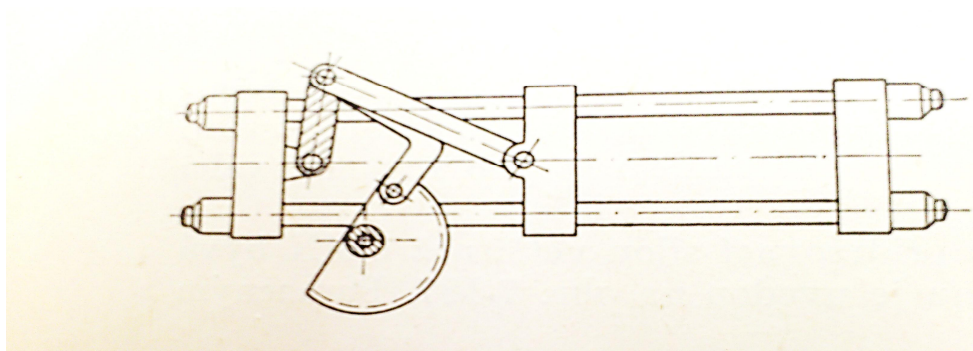
Stroje s uzavírací silou větší než 6000 kN bývají vybaveny závorováním. Princip systému je na obr.9. Pomocným pístem o malém průměru se forma rychle uzavře. Po uzavření jsou do vybraní pístnice zasunuty závory, čímž je píst pevně spojen s opěrnou deskou stroje. Vzápětí je dočerpáno relativně malé množství kapaliny do hlavního hydraulického válce a je vyvozena plná přidržovací síla. Závorování umožňuje dosažení velké uzavírací rychlosti při malé spotřebě tlakové kapaliny. [4]



Obr.9 Hydraulický uzávěr se závorováním[4]

V_1 -hydraulický válec pro uzavírání formy, P_1 -hydraulický píst pro uzavírání formy, V_2 -hydraulický válec pro vyvození přidržovací síly, P_2 -hydraulický píst pro vyvození přidržovací síly, A-opěrná deska, B-pohyblivá upínací deska, C- nepohyblivá upínací deska s otvorem pro trysku, 1-tlaková kapalina, 2- závory, 3-pístní tyč, 4 -forma

Pro rychloběžné stroje a pro stroje s menší uzavírací silou než 5000 kN se dnes většinou používají kloubové uzávěry, které jsou ovládány mechanicky nebo hydraulicky. Používají se je jednoduché kloubové uzávěry jako na Obr. 10. [4]



Obr.10 Uzavírací jednotka s kloubovým uzávěrem ovládaným mechanicky

3.2.3 Výhody kloubových uzávěrů [4]

- Uzavírání formy a otevírání formy je velmi rychlé
- Kinematika kloubového uzávěru se vyznačuje tím, že těsně před dosednutím formy se pohyb zpomaluje, čehož u hydraulických uzávěrů lze dosáhnout jen příslušným škrtícím ventilem.
- Spotřeba kapaliny u hydraulického válce kloubového mechanismu je podstatně menší, protože samotný válec nemusí být tak velký.
- Energeticky úspornější

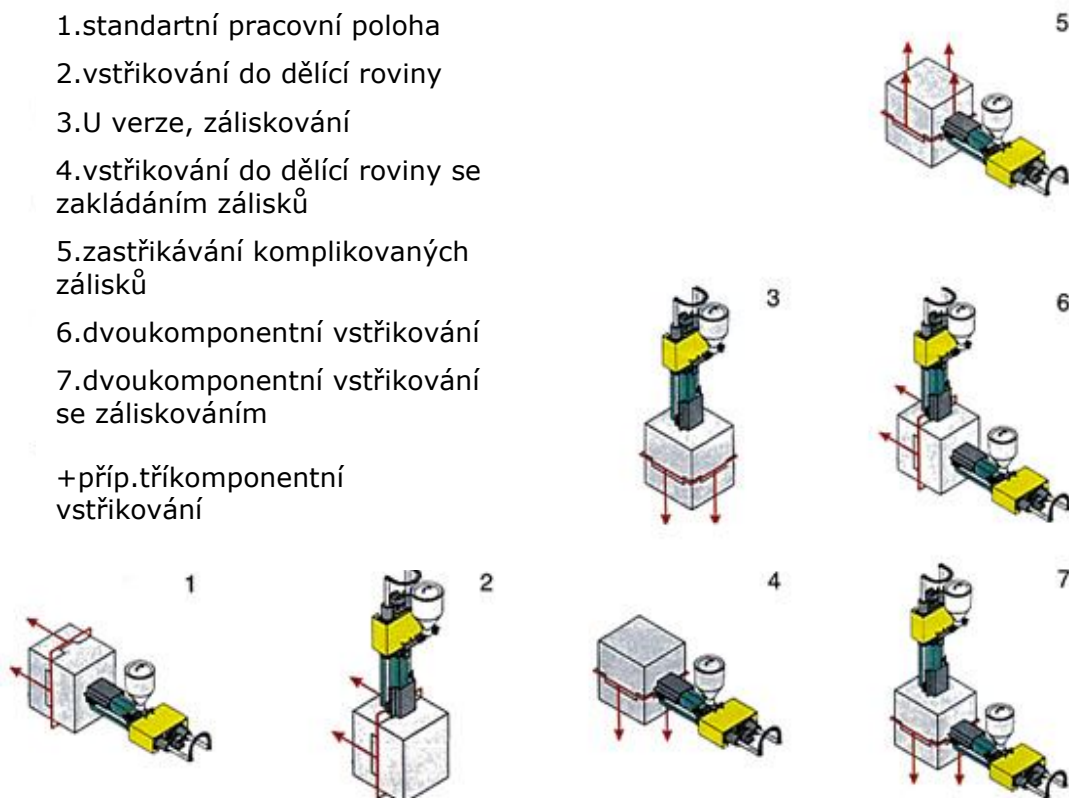
Klbové uzávěry se uplatňují především při vstřikování tenkostěnných výstřiků s krátkými chladícími časy.

3.2.4 Současné trendy

Z důvodu nutnosti vysokých tlaků a co nejkratší době chodu na prázdno výrobci vstřikovacích lisů nahrazují hydraulické pohony servomotory. Tím je možné paralelně pohybovat uzavíracím mechanismem a šnekem, který v čase otevírání formy a vyhození výstřiku vytváří novou dávku taveniny plastu. To zajišťuje optimální přípravu materiálu a kratší dobu cyklu. Pro pohyb pohyblivé desky se používají lineární ložiska, které zajišťují minimální tření. Další rozdíly jsou podrobně popsány v kapitole: Porovnání elektrického a hydraulického lisu.

Vstřikovací a uzavírací jednotky mají vůči sobě určité umístění, polohu. Nejčastější uspořádání u vstřikovacích strojů je horizontální poloha vstřikovací i uzavírací jednotky, tedy vstřikování kolmo na dělicí rovinu formy. V některých případech (reologické chování taveniny, zakládání zálisků, dvoukomponentní vstřikování, speciální způsoby vstřikování, apod.) však může dojít k jiné vzájemné poloze. Sedm různých poloh mezi vstřikovací a uzavírací jednotkou je ukázáno na obr. 11. [5]

1. standardní pracovní poloha
2. vstřikování do dělicí roviny
3. U verze, záliskování
4. vstřikování do dělicí roviny se zakládáním zálisků
5. zastříkávání komplikovaných zálisků
6. dvoukomponentní vstřikování
7. dvoukomponentní vstřikování se záliskováním
- + příp. tříkomponentní vstřikování



Obr. 11 Možnosti umístění vstřikovací jednotky [5]

3.2.5 Zhodnocení výsledků

Existují dva základní druhy uzavíracích mechanismů pístový a kloubový. Pístové uzavírání je jednoduché, snadno regulovatelné, nenáročné na údržbu. Kloubový mechanismus je složitější na údržbu, ale dosahuje velmi rychlého uzavírání a otevírání formy s nízkými energetickými nároky. Hůře se reguluje přidržovací síla. Dále se používají hydraulický pístový uzávěr se závorováním, který je složitější, ale dosahuje velké přísouvací rychlosti a vysoké uzavírací síly v porovnání s klasickým pístovým uzávěrem. U elektrických strojů se dosahuje pomocí servomotorů nejnižší doby chodu na prázdno a spolu s paralelními pohyby kratšími časy cyklů.

3.3 Řídící jednotka

Řídící a regulační zařízení zajišťuje automatický nebo poloautomatický provoz stroje a dodržování nastavených technologických parametrů, k nimž patří teplota vstřikované hmoty, teplota formy, vstřikovací tlak, rychlost vstřikování a celkové rozdělení časů pro jednotlivé cykly. [5]

3.3.1 Současné řízení procesu

Moderní řídicí jednotka zaznamenala mnoho změn a vylepšení ve srovnání s dřívějšími zařízeními pro řízení procesu vstřikování. Dnes je řídicí jednotka mnohem intuitivnější a inteligentnější než tomu bylo dříve.

Společnost Engel například nyní nabízí řídicí jednotky s označením EC 200/CC200, které se ovládají pomocí barevného dotykového displeje s úhlopříčkou 15" (obr. 12). Proti starším modelům má řídicí panel větší displej, čímž se stal přehlednější. Pro připojení periferních zařízení slouží rozhraní USB, s jehož využitím lze připojovat tiskárnu, externí klávesnici, myš či flash disk, ze kterého je možné například do stránky správy dat výlisku zkopírovat fotografii výlisku a nebo některých kritických míst, které je nutné kontrolovat. [13], [14], [15], [39]



Obr. 12 Řídicí jednotka Engel CC200 [14] , [13]

Pro řídicí systém CC200 je též typické nové paměťové médium. Mnoho let používaná, avšak dnes již poněkud zastaralá 3,5" disketová mechanika byla pro svoji nedostatečnou kapacitu a spolehlivost nahrazena moderní čtečkou paměťových karet CompactFlash. Toto médium, často instalované např. v digitálních fotoaparátech, splňuje svou kapacitou i bezpečností všechny požadavky kladené na zálohování dat o výrobě. [13], [14], [15], [39]

Logika obsluhy stroje umožňuje jednoduché programování individuálního průběhu cyklu bez speciálních znalostí programování. Průběh cyklu je rozdělen do jednotlivých základních sekvencí. Těmto základním sekvencím-uzavírání, vstřikování, otevírání jsou přiřazeny příslušné charakteristické symboly. Je taky možné naprogramovat vstřikovací cyklus na notebooku mimo stroj. Po nastavení a uložení všech sekvencí na stroji se provede kontrola přijatelnosti, jež brání chybnému nastavení. [13], [14], [15], [39]

Bezpečnější výrobě napomáhá ENGEL autoprotect. Autoprotect je aplikace, která porovnává nastavený průběh výroby (ideální) se skutečným průběhem a kontroluje dodržení nastaveného tolerančního pásma při každém vstřiku. Objeví-li se odchylka aktivuje se Autoprotect a zastaví stroj. Autoprotect zaručuje vysokou ochranu formy při uzavírání, rozezná akutní nebezpečí při samotném vstřikování, což může být například přeplnění nebo nedostatečné naplnění formy. [13], [14], [15], [39]

Další důležitou funkcí nových řídicích systémů je funkce měření paralelity formy. Měří se přesné pozice všech čtyř sloupků při vybudované uzavírací síle a během vstřiku. Pozice se měří pomocí ultrazvukového snímače dráhy, který je umístěn na upínací pevné desce u každého sloupku stroje. Odchyly od nulové pozice se obsluze zobrazí na obrazovce. Z naměřených výsledků mohou být vyvozeny závěry pro optimalizaci uzavírací síly a kvality výroby. [13], [14], [15], [39]

Obsluhovat řídicí systém již nelze pouhým zasunutím klíčku či jeho otočením do polohy ON. Každý uživatel musí být vybaven vlastní čipovou kartou, jejíž čtečka je standardním komponentem CC200. Na čipové kartě je uložen osobní identifikační kód a zakódována úroveň, do které je uživateli povoleno vstoupit, či údaj, o jakou hodnotu (procentuálně či absolutně) může měnit parametry robotu či stroje. Každý výstup je potom pro zpětnou kontrolu, popř. zjišťování odpovědnosti za poruchy nebo kolizní stavy, opatřen tímto identifikačním kódem. [13], [14], [15], [39]

4 Výběrová kritéria vstřikovacího lisu

Pro výběr vstřikovacího lisu je důležité vědět parametry vyráběného dílu a také jakou výrobní sérii je potřeba plnit, protože druh lisu se vždy volí

individuálně ke konkrétnímu typu výrobku. Hlavním parametrem výrobku je gramáž (hmotnost dílu, kterou dnes dokážou vypočítat programy jako např. Solid Works), rozměry, požadovaná přesnost, druh použitého materiálu a jeho fyzikální a mechanické vlastnosti. V neposlední řadě je nutné respektovat finanční možnosti zákazníka. Při volbě parametrů stroje se v současnosti používají vzorce, pomocí nichž se určují hodnoty hlavních parametrů.

Hlavní parametry pro výběr stroje jsou:

1. Vstřikovací rychlost
2. Vstřikovací kapacita
3. Plastifikační kapacita
4. Přidržovací síla
5. Vstřikovací tlak

Výpočet parametrů vstřikovacího stroje:

Termínová násobnost formy vstřikovacího stroje n_T

$$n_T = \frac{N \cdot t_c}{T \cdot k} \quad [-] \quad (48)$$

N...celkový počet výrobků	[-]
t_c ...celkový čas vstřikovacího cyklu	[s]
T...požadovaný termín dodávky	[s]
k...faktor využití pracovního času	[-]

Minimální vstřikovací kapacita stroje:

$$C \geq 1,1 \cdot n_T \cdot (V + V_k + 2 \cdot V_s) \quad [\text{cm}^3] \quad (48)$$

V_s ...objem spojovacího kanálku	$[\text{cm}^3]$
V_k ...objem rozváděcího kanálku	$[\text{cm}^3]$
V ...objem vyráběného dílu	$[\text{cm}^3]$

Minimální přidržovací síla stroje:

$$F_p = 1,1 \cdot p_{sp} \cdot (S_p + D_k \cdot L) \quad [\text{KN}] \quad (48)$$

S_p ... průmětná plocha vyráběného dílu v dělicí rovině	$[\text{mm}^2]$
p_{sp} ...vstřikovací tlak	$[\text{kpa}]$
D_k ...průměr rozváděcího kanálku	$[\text{mm}]$
Ldélka rozvaděcí kanálku	$[\text{mm}]$

Vhodný průměr šneku D_s :

$$7,5 \cdot \sqrt[3]{Vd} < D_s < 10,5 \cdot \sqrt[3]{Vd} \quad [\text{mm}] \quad (48)$$

Vd ...vstřikovaný objem (dávky) $[\text{cm}^3]$

Vstřikovací rychlost v_s :

$$v_s = \frac{Vd}{tv} \quad [\text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}] \quad (48)$$

t_v ...doba vstřikování (může být stanovena z Vd a viskozity materiálu) $[\text{cm}^3]$

Průchod taveniny ze stroje do formy M :

$$M = \frac{Vd \cdot \rho}{tc} \quad [\text{kg} \cdot \text{hod}^{-1}] \quad (48)$$

ρ ...hustota použitého material $[\text{kg} \cdot \text{m}^3]$

5 Technické parametry vstřikovacího lisu

Vstřikovací lis můžeme charakterizovat několika čísly, která souvisí se vstřikovací jednotkou, uzavírací jednotkou, pohonem a rozměry stroje.

5.1 Vstřikovací jednotka [39]

Průměr šneku $[\text{mm}]$

Délka šneku $[\text{mm}]$

Maximální objem zdvihu $[\text{cm}^3]$

Zdvih dávkování $[\text{mm}]$

Maximální otáčky šneku $[\text{ot.} / \text{min}]$

Plastifikační rychlost $[\text{g/s}]$

Vstřikovací množství $[\text{cm}^3]$

Počet topných pásů $[-]$

Maximální hmotnost výstřiku $[\text{g}]$

5.2 Uzavírací jednotka [39]

Uzavírací síla $[\text{kN}]$

Dráha otevření lisovacího nástroje $[\text{mm}]$

Vestavěná výška formy minimální $[\text{mm}]$

Max. otevření upínacích desek [mm]

Velikost upínacích desek [mm]

Vzdálenost mezi sloupky [mm]

Šířka vypadávající šachty [mm]

Zdvih vyhazovače + síla vyhazovače [mm + kN]

Maximální hmotnost formy [kg]

5.3 Pohon [39]

Příkon motoru čerpadla [kW]

Olejová náplň [l]

5.4 Rozměry [39]

Rozměry d x š x v [m]

Celková hmotnost [kg]

6 Konstrukční provedení vstřikovacích lisů

Tato část přináší informace o nejvíce používaných typech strojů.



Obr. 13 Horizontální vstřikovací lis [17]

6.1 Podle počtu desek:

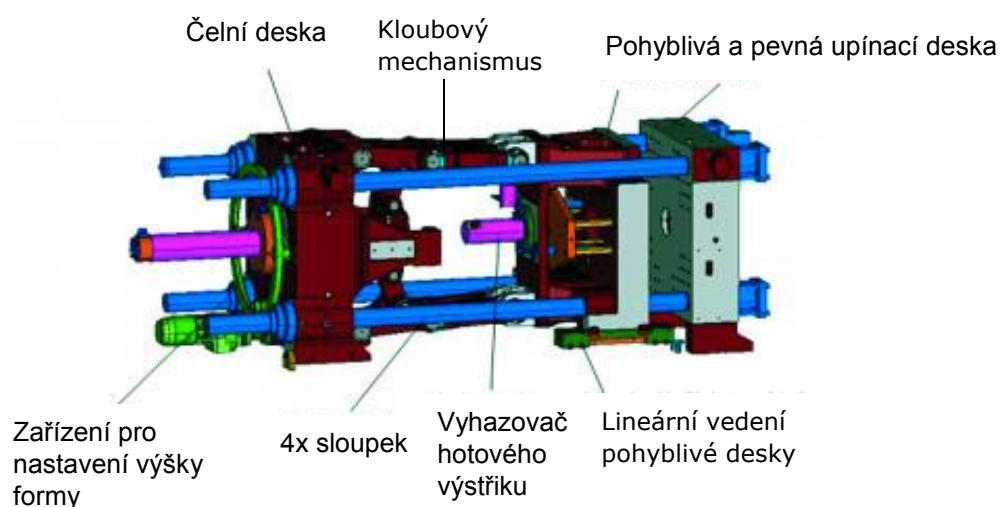
a) Dvoudeskové

b) Třideskové

6.1.1 Třideskový vstřikovací lis

Dnes se nejvíce setkáme s vedením se čtyřmi vodícími sloupky. V případě nejčastěji používaného třideskového stroje (obr. 14) jsou spojeny v rozích pevné (upínací) desky a čelní desky. Mezi těmito deskami je po sloupcích

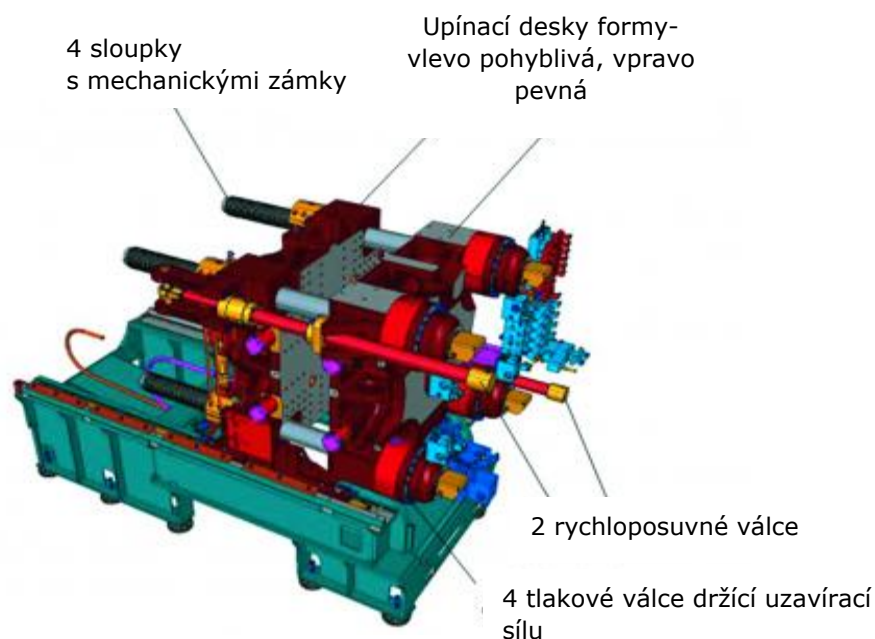
vedena pohyblivá deska (upínací). Její přesná poloha je určena bez nějaké výchytky vodícími sloupky. Přesuvný mechanismus se opírá o čelní desku. Na pevnou desku (upínací) je z jednoho čela upnuta forma a z druhého čela vstřikovací jednotka. Pohyblivá, upínací deska, na kterou se upíná druhá polovina formy je spojena pomocí uzavíracího mechanismu s čelní deskou, pomocí nichž se nastavuje zdvih pohyblivé upínací desky stroje. Spojením je umožněn její přímočarý pohyb nutný k otevření a uzavření vstřikovací formy. [20], [17]



Obr. 14 Třídeskový lis se sloupkovým vedením [17]

6.1.2 Dvoudeskový vstřikovací lis

Někteří výrobci používají rovněž i dvoudeskové stroje (obr.15). Sloupky jsou vetknuty do jedné čelní a zároveň i upínací desky, druhá pevná deska zde není. Pohyblivá deska je vedena vodícími sloupky a rámem stroje. Pohyb je zajištěn, pokud jde o hydraulický stroj, pomocí hydraulických válců, které jsou umístěny ve všech čtyřech rozích čelní desky. Po uzavření formy je mechanicky fixována zámkovým mechanismem. Výhoda těchto strojů je ve snížené spotřebě oceli a rovněž zástavbové části stroje. Upínací parametry je možné lépe přizpůsobit aktuálním potřebám. Stroj lze vyrobit delší s možností upnutí větší formy. Výrobce Engel nabízí tyto stroje s uzavírací silou 4 500–55 000 kN a s objemem vstřiku asi 800–72 000 cm³. [17], [20]



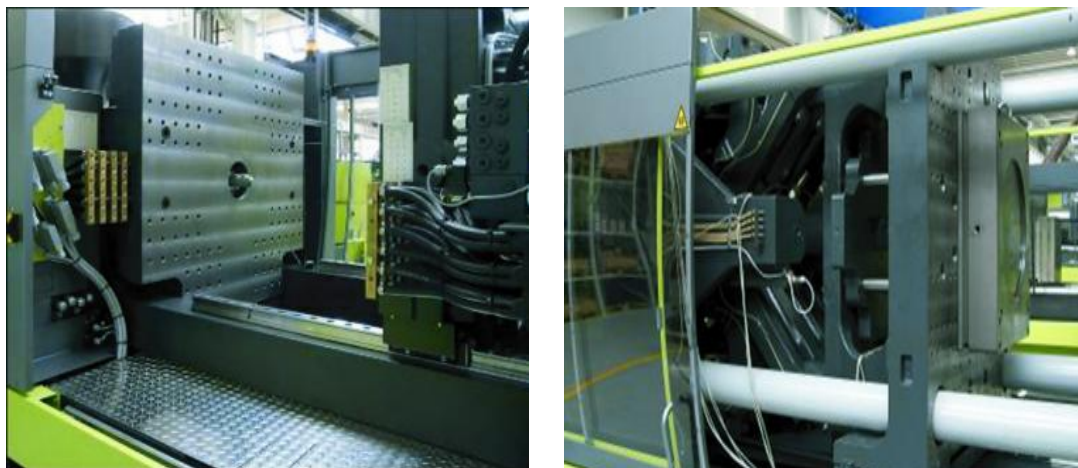
Obr. 15 Konstrukce dvou deskového stroje [17]

6.2 Podle počtu vodících sloupků

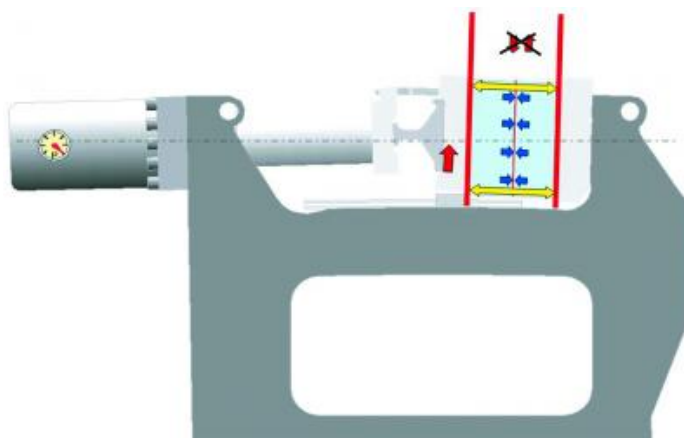
- a) Čtyři vodící sloupky
- b) Dva vodící sloupky
- c) Bez vodících sloupků

6.2.1 Bezsloupkový vstřikovací lis

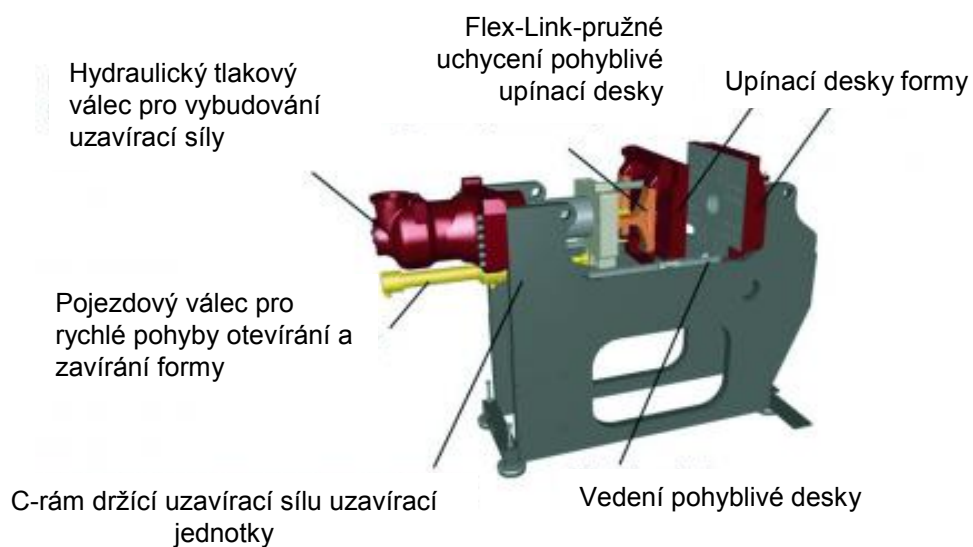
Prosazuje se také konstrukce bez vodících sloupků, která je výhodná z hlediska prostoru pro manipulaci s formou, ale je omezena velikostí stroje. Firma Engel nabízí v rozsahu 250 až 6 000 kN také bezsloupkové stroje. Uzavírací sílu přenáší místo sloupků tzv. C rám (obr. 18). Mírná elasticita C rámu je kompenzována flexibilním uchycením pohyblivé desky nazývaným flexlink. Silové poměry při uzavření formy jsou patrné z obr. 17. Tato patentová konstrukce umožňuje přesné uzavření formy bez nebezpečí vzniku smykových sil. Pro upínání formy a automatizaci je pak k dispozici mnohem větší prostor než u sloupkových strojů (obr.16).[17],[20]



Obr. 16 Vlevo Vedení pohyblivé desky v rámu bezsloupkového stroje a vpravo omezený prostor u sloupkové konstrukce [17]



Obr. 17 Eliminace vzniku smykových sil u bezsloupkové konstrukce [17]



Obr. 18 Popis konstrukce bezsloupkového stroje [17]

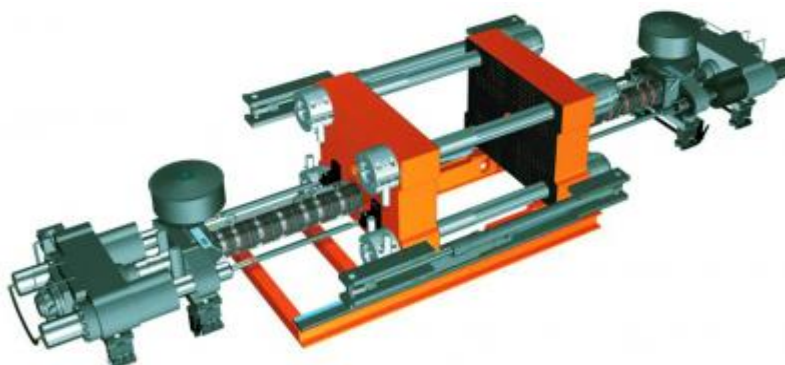
6.3 Podle typu uzavírání

- a) Vertikální
- b) Horizontální

6.3.1 Horizontální vstřikovací lis

Typ uzavírání se určuje dle směru pohybu pohyblivé formy. Existují i stroje, které je možné přestavět z horizontálního na vertikální uzavírání. (starý typ stroje Allrounder C od Arburgu). V České republice se zabývá výrobou vstřikovaných výrobků několik stovek firem. V jejich provozovnách se setkáme zejména s horizontálními vstřikovacími lisy s jednou vstřikovací komorou (obr. 9), do kterých se upíná forma dělená vertikální dělicí rovinou. Horizontální stroje se jednoduše automatizují. Hotové výlisky mohou po svém odlisování a vyražení z otevřené formy také využít jednoduše svoji gravitaci pro uvolnění prostoru dalšímu pracovnímu cyklu. Nejmenší stroje disponují uzavírací silou v řádu desítek kN, největší stroje dosahují uzavíracích sil do zhruba 60 MN (6 000 t). Největší vyrobený stroj má uzavírací sílu 80 MN a v podstatě jde o dva stroje o uzavěru 4 000 t, které pracují dohromady. [17], [20], [19]

Horizontální stroje se vyrábějí rovněž s více vstřiky. Nejvíce používané jsou stroje s dvěma vstřikovacími jednotkami. Uspořádání vstřikovacích komor je pak dáno charakterem formy. Jeden ze způsobů provedení vstřiku zepředu a zezadu formy je na obr. 19. [17], [20]



Obr. 19 Stroj s dvěma vstřikovacími jednotkami [17]

6.3.2 Vertikální vstřikovací lis

Pro speciální aplikace se v mnoha případech s úspěchem používají vertikální vstřikovací lisy. Upínací desky mají horizontální plochy pro upnutí forem. Horní deska je pohyblivá ve vertikálním směru, spodní deska je pohyblivá v horizontálním směru. Pohyb spodní desky je umožněn buď rotací kulatého otočného stolu a nebo přesuvným pohybem posuvného stolu. V obou těchto případech pak má forma jednu polovinu formy na horním stole a dvě identické spodní poloviny na spodním stole. [17], [20]

Vstřikovací jednotku je možné umístit u menších strojů vertikálně do osy stroje. U větších strojů je obvyklé umístění vstřikovací jednotky v horizontální rovině. Příklad vertikálního vstřikovacího lisu je na obr. 20. [17], [20]



Obr. 20 Vertikální vstřikovací lis s otočným stolem a vertikální vstřikovací jednotkou vlevo, s horizontální vstřikovací jednotkou vpravo. [17]

Vertikální vstřikovací lisy se používají hlavně tam, kde je nutné zastříknout do výrobku jeden či více dalších prvků (tzv. záložků) – závitových dřívků či pouzder, průchodek, elektrických kontaktů, předtvarovaných záložků, elektrických vodičů, hadiček a podobně, není-li zakládání možné automatizovat buď vůbec anebo s vysokými náklady, které se vzhledem k nízké sériovosti nevyplatí. Použití je také realizováno u zastříkávání velkých výrobků.

6.4 Podle pohonu lisu

a) Hydraulické

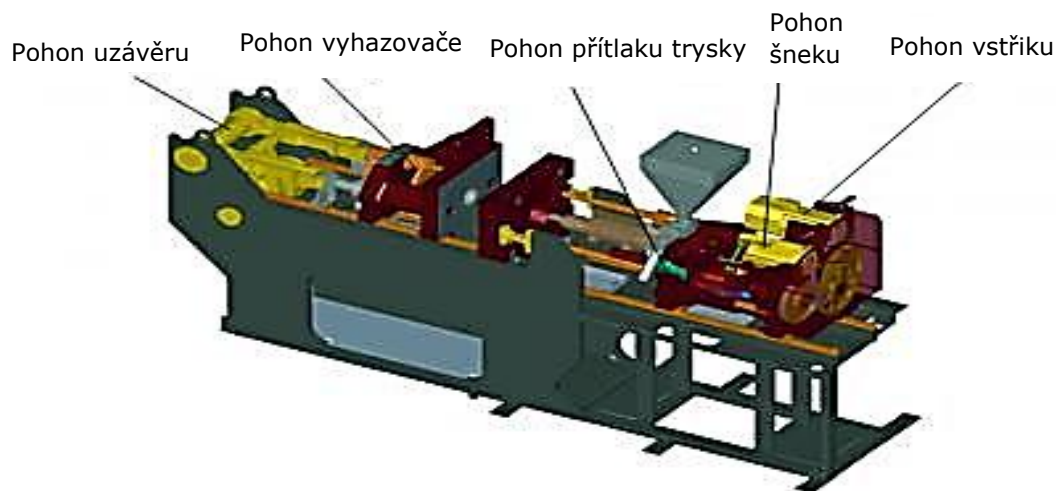
b) Elektrické

c) Hybridní

Pohon pohybů těchto strojů je ponejvíce hydraulický, v posledních letech se stále více uplatňuje přímý elektrický pohon jednotlivých uzlů stroje. Existují i tzv. hybridní, což je kombinací obou pohonů.

6.4.1 Plně elektrické stroje

Hydraulické stroje používají jako přenosové médium výkonu hydraulický olej, plně elektrické stroje hydraulický olej vůbec nepoužívají. Všechny pohyby stroje jsou vyvozovány elektrickými servomotory řízenými frekvenčními měniči (obr. 21). Pouze pro nastavení výšky formy se používá asynchronní motor. Větší počet hnacích motorů a jejich řízení, a tím i vyšší cena stroje, je kompenzována přesnější výrobou s lepší reprodukovatelností ve srovnání s hydraulickými stroji. [17], [20]



Obr. 21 Schéma plně elektrického stroje [17]

Také čas cyklu je kratší a při rostoucích cenách elektrické energie je zajímavá i úspora elektrické energie, daná vyšší účinností pohonů ve srovnání s hydraulikou. Také odpadá nutnost chlazení hydraulického oleje. Jako asi jediná nevýhoda se objevuje při použití forem s hydraulickými tahači jader (vytváření dutin či otvorů ve stěnách výlisků). Zde je pak nutné použít přídatný hydraulický agregát. Cesta do budoucnosti spočívá v možnosti použití servopohonů, které pohybují jádru ve formě. Náklady na tuto metodu

jsou ale zatím vyšší v porovnání s hydraulickými válci pro pohybování tahačů jader. Plně elektrický stroj v kompaktním provedení je na obr. 22. [17], [20]



Obr. 22 Plně elektrický stroj v kompaktním provedení [17]

6.4.2 Hybridní stroje

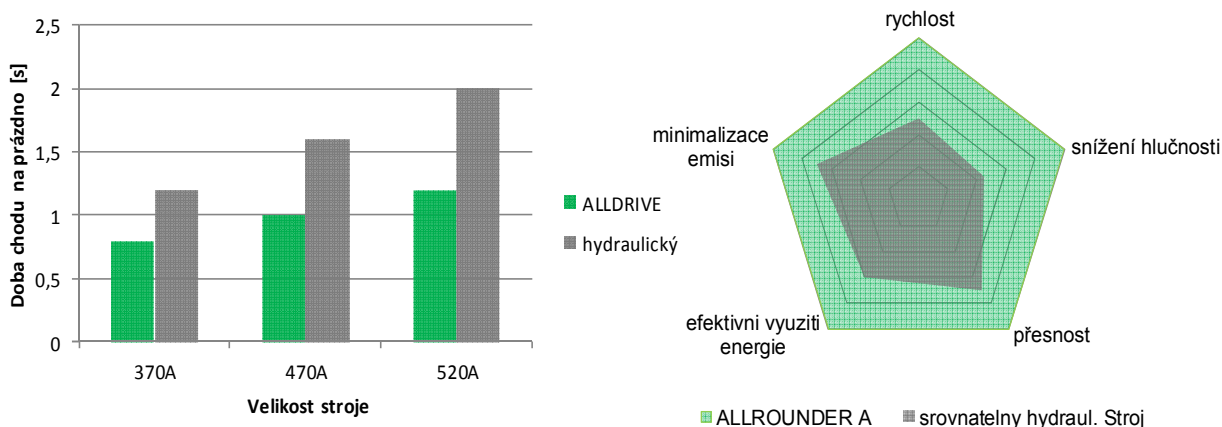
Mnozí výrobci včetně firmy ENGEL mají různá provedení hybridních strojů, což je kombinace hydraulických a přímých elektrických pohonů. V největší míře jsou uplatňovány hydraulické pohyby na uzavírací jednotce. Tím je umožněno bezproblémové použití forem s hydraulickými tahači jader. Elektrické pohony vstřikování a dávkování materiálu pak zaručují vysokou přesnost a reprodukovatelnost vstřikovacího procesu. Hybridní stroje s elektricky poháněnými vstřiky se rovněž stále více uplatňují ve vícekomponentním vstřikování, kde je přesnost vstřiku nejdůležitějším parametrem pro úspěšnost a zajištění kvality výroby výlisků z více materiálů. [17], [20]

Velikost vstřikovacího stroje je dána dvěma základními parametry – velikostí vstřikovací jednotky (objemem vstřiku v cm^3) a uzavírací silou zavírání formy v kN (v běžném styku se hlavně používají dnes již neplatné tuny, kdy platí, že 1 tuna je 10 kilonewtonů). [17]

7 Porovnání hydraulického a elektrického vstřikovacího stroje

V dnešní době je obvyklým vybavením plastikářských podniků stroj s hydraulickým pohonem. Základními stavebními prvky zde je regulované čerpadlo poháněné elektromotorem, na které navazují všechny hydraulické okruhy stroje vybavené se servoventily a snímači dráhy. Tato technika

funguje velmi spolehlivě a je léty osvědčená. Lze přesně naprogramovat síly vyvozené hydraulikou i pohyby stroje. Nevýhodou těchto strojů je relativně nízká energetická účinnost, jež je v rozsahu 50-60%. Důvodem je nepřetržitý provoz čerpadla během celého vstřikovacího cyklu a to bez ohledu na průběžně měnící se energetickou spotřebu stroje. Energetické ztráty pak dále vznikají v hadicích, ventilech a trubkách vlivem viskozity hydraulického oleje respektive ztráty třením při průtoku oleje. [18]



Obr. 23 Výkonnostní charakteristika při porovnání elektrického a hydraulického stroje [18]

U elektrického vstřikovacího lisu jsou všechny hydraulické písty nahrazeny servomotory s kuličkovým šroubem. Každý pohyb je prováděn pomocí jednoho servomotoru s kuličkovým šroubem. To se odráží na ceně, protože cena kuličkového šroubu se servomotorem je několikanásobně vyšší než u hydraulického pístu. Má to však i výhodu v možnosti paralelního pohybu všech částí stroje. Mezi hlavní výhody elektrického stroje (obr.23) je jeho mnohonásobně vyšší účinnost v porovnání s hydraulickými. Další je přesnost pohybů, proto je možné dosahovat téměř 100% reprodukovatelnosti nastavených hodnot na servoosách stroje. U elektrického stroje není riziko úniku oleje a dosahuje nižší hlučnosti. Jsou tedy využívány v oblastech, kde je kladen vysoký nárok na čistotu životního prostředí (lékařské aplikace). Jsou vhodné pro výrobu výlisků, kde je potřeba velmi vysokou vstřikovací rychlostí a tlakem dopravit taveninu do dutiny formy a zaručit tak přesnost výlisku. Servopohony mají nižší spotřebu a méně se zahřívají oproti hydraulickým strojům. Tím jsou i nižší nároky na chlazení a zároveň na

udržení přijatelné teploty pracovního prostředí. Pro srovnání elektrický stroj spotřebuje na zpracování 1kg hmoty 0,5 kWh, hydraulický zhruba 1kWh. Nevýhodou jsou však stále vysoké investiční náklady elektrických strojů. Dá se předpokládat, že s větší sériovostí výroby elektrických strojů bude cena postupem času klesat. Další nevýhodou jsou vysoké náklady na údržbu, opotřebování vřeten, znečištění uzavírací jednotky kvůli mazání vřeten. Senzorika řídící sílu vstřiku, je velmi křehké zařízení, které podléhá přirozenému stárnutí. Přidáme-li k tomu velmi rozsáhlé elektronické zařízení může být oprava po několika letech velmi drahá.[18], [44], [47]

V následující tabulce je porovnání technických charakteristik strojů firmy Battenfeld. První je hydraulický stroj s označením HM 180 a s ním porovnáván stroj se servopohonem Eco power 180.

Tab. 1 .Číselné porovnání elektrického a hydraulického vstřik. lisu [38]

Stroj	Eco power 180	HM 180
Označení vstřikovací jednotky	1130	1130
Uzavírací jednotka		
Uzavírací síla (kN)	1800	1800
Prostor mezi sloupy (mm x mm)	570x520	570x520
Vestavěná výška formy (mm)	325	325
Dráha otevření lisov. nástroje (mm)	1030	975
Běh na prázdko x zdvih (s-mm)	1,7 x 364	2,9 x 399
Zdvih vyražení/síla vyražení (mm/kN)	180/40	200/41,2
Vstřikovací jednotka		
Průměr šneku (mm)	65	65
Délka šneku (mm)	275	275
Poměr L/D šneku	22	22
Vstřikované množství (cm ³)	913	913
Specifický tlak bar	1457	1461
Max. otáčky šneku min-1	300	207
Max. plastifikační proud g/s	67	46,2
Krouticí moment Nm	1500	1940
Zdvih trysky/přidrzná síla trysky (mm/kN)	400/80	400/100
Rychlost vstřikovaného množství (cm ³ /s)	581	311
Hmotnost a rozměry		
Hmotnost (kg)	8800	9000
Délka x šířka x výška (m x m x m)	6,5 x 1,6 x 2,1	5,3 x 1,6 x 2,2
Max. hmotnost nástroje (kg)	1800	1800
Min. průměr nástroje (mm)	500	500

Z tabulky je vidět, že se oba stroje liší u uzavírací jednotky v době běhu na prázdno. Je to dáno rozdílným zdvihem, ale i pohonem obou strojů. Z tabulky lze vyčíst i velké rozdíly hlavně u vstřikovacích jednotek. Z toho plyne, že každý stroj se bude hodit pro zpracování jiného druhu polymeru, popřípadě výrobku. Elektrický stroj je také delší o více než 1 metr, což na výrobu nemá žádný vliv, zde by mohl být pouze problém v nedostatku prostoru při umisťování stroje u zákazníka.

8 Charakteristika a porovnání výrobců vstřikovacích lisů

Výrobou vstřikovacích lisů se zabývá obrovské množství firem. V následujícím textu se seznámíme s produkty těch známějších.

8.1 Arburg



V nabídce má tato Německá firma klasické horizontální i vertikální stroje s hydraulickým, elektrickým nebo hybridním pohonem. U stroje Allrounder V je možnost nastavení vstřikovací jednotky vertikálně i horizontálně, což ho činí univerzálním. V nabídce mají stroje se čtyřmi vodícími tyčemi a systém Vario, který umožňuje volně horizontálně pohybovat vstřikovací jednotkou. Za účelem snadné a rychlé demontáže a čištění šneku se dá vstřikovací jednotka vyklopit na stranu obsluhy. To umožňuje rychlospojka šneku, díky které není nutné demontovat celý plastifikační válec. Mezi další produkty této firmy patří stroje s více vstřikovacími jednotkami, a to až čtyřmi. U všech strojů se používá řídicí systém Selogica, jenž má obdobné funkce jako výše popisovaný řídicí systém CC 200 od společnosti Engel. U řídicí jednotky Selogica nastavujeme vstřikovací proces pouze pomocí symbolů. Řídicí systém CC200 používá symboly s popisem jednotlivých fází cyklu. [19]

8.1.1 Aktuální nabídka strojů [19]

Allrounder A – (350-5000 KN), elektrické stroje

Allrounder E- (350-5000 KN), elektrické stroje

Allrounder H- (600-5000 KN), hybridní stroje

Allrounder S- (125-5000 KN), hydraulické stroje

Allrounder Golden edition- (125-5000 KN), hydraulické stroje

Allrounder V- (125-5000 KN), hydraulické vertikální stroje.

Allrounder T-(125-5000 KN), vertikální vstřikovací lis s otočným stolem

8.2 Engel



Engel je firma zabývající se vývojem a výrobou automatizační techniky a vstřikovacích lisů. Tato společnost patří v této oblasti mezi přední světové výrobce. V roce 1990 přišla s unikátním řešením - odstranili z vedení upínacích desek sloupky a nahradili je bezsloupkovou technologií. Bezsloupkové stroje jsou omezeny svou velikostí a jsou dražší než stroje se sloupkovou technologií. Proto firma nadále vyrábí stroje i se sloupkovým vedením. Již z předcházejících odstavců je vidět, že nabízí všechny možné modely moderních strojů s intuitivním řízením CC200, jež bylo v předešlých odstavcích již popsáno. [20], [39]

8.2.1 Aktuální nabídka strojů [20], [39]

Victory (280-5000 kN) – hydraulický stroj s možností pouze bezsloupkové konstrukce.

E-Victory (280-2200 KN) – hybridní bezsloupkový stroj určený k výrobě malých až středně velkých součástí s nízkými energetickými nároky. Výhoda v možnosti použití hydraulických tahačů jader.

Engel Duo (6500-55 000 KN) - hydraulický, sloupkový, dvoudeskový stroj. Na tomto stroji je možné vyrábět velké díly. Příklady některých výrobků: plastová popelnice nebo velké plastové bedny.

E-motion (550-5000 KN) - plně elektrický stroj, do velikosti uzavírací síly 1500 kN nabízí bez sloupkovou verzi a pro vyšší uzavírací síly již jen sloupkovou.

E-max (500-1800 KN) - plně elektrický sloupkový stroj , určený pro vysoké výkony s vysokou opakovatelností výroby.

Speed (1800-5000 kN) - tento typ stroje se vyrábí ve čtyřech velikostech v uvedeném rozmezí uzavírací síly. Je poháněn hydraulikou. U plastifikační jednotky je však možné vybavit stroj namísto hydrauliky elektrickým pohonem. Engel speed je používán hlavně v obalovém průmyslu a na tenké díly. Jako reálné výrobky bych uvedl např. víčko na PET lahve nebo nejrůznější plastové krabičky používané v potravinářském průmyslu. Engel tuto sérii strojů vyvíjí více než 30 let, v současnosti lze na stroji dosáhnout velmi krátkého chodu na prázdno, který dosahuje v průměru hodnoty od 1,2 s do 2 s. Dále je výjimečný svou vstřikovací rychlostí 1000 mm/s.

Vertikal V (400-1600 KN) – Vertikální hydraulický bezsloupkový stroj s použitím C rámu . Standardně vertikálně umístěna vstřikovací jednotka (je však možné ji nastavit i horizontálně).

Vertikal H (250-3000 KN) – Vertikální, hydraulický, bezsloupkový stroj s použitím C rámu. Vstřikovací jednotka je umístěna horizontálně.

Vertikální stroje Engel se například využívají k zastříknutí konektoru u zásuvek a často při zastříknutí nejrůznějších sensorů.

Rozměr otočného stolu se dá volit, standardně má průměr 1200 mm. Dále je na výběr od 2-4 pracovních stanic na otočném stole. Pro zvláštní úkoly lze použít stůl s posuvným pohybem. Toho se využívá zejména při zastříkování dlouhých nebo objemných dílů, kde by z tohoto důvodu otočný stůl nešlo použít.

8.2.2 Cenová nabídka strojů

Tab.2 Ceny strojů Engel [39]

Stroj	označení vstřikovací jednotky / uzavírací síla (t)		
Victory	200/50	750/200	2550/400
Cena (Kč)	975 000	2 925 000	5 750 000
e-Victory	80/50	740/200	1340/400
Cena (Kč)	1 800 000	3 900 000	6 625 000
Duo	-	-	2050/400
Cena (Kč)	-	-	5 425 000
e-Motion	200/55	740/180	2440/380
Cena (Kč)	2 175 000	3 650 000	6 975 000
Vertikal V	200H/40	1050H/160	1800H/300
Cena (Kč)	2 550 000	4 925 000	6 375 000

Výše uvedené ceny jsou pouze orientační, neboť cena se odvíjí od požadované výbavy stroje. Hlavními parametry jsou však velikost uzavírací síly a typ vstřikovací jednotky. Zákazníkům výrobci většinou nabízí slevy. Celková cena se pak vždy o něco sníží, i proto jsou ceny pouze orientační.

8.3 Battenfeld



Rakouská společnost Battenfeld s. r. o. založená v roce 1948 je světovým dodavatelem vstřikovacích lisů a jejich příslušenství. V ČR má zastoupení Wittmann Battenfeld. Wittmann Battenfeld jako jediná na světě zajišťuje ucelený výrobní program periferií a strojů na zpracování plastů:

- roboty, manipulátory i komplexní automatizovaná pracoviště, IML-systémy
- vstřikovací stroje Battenfeld
- lokální i centrální zařízení na sušení a dopravu granulátu, dávkovací systémy
- temperační přístroje, chladicí zařízení a průtokoměry
- drtiče vtoků i dílů

Battenfeld má velmi široké portfolio produktů. Pro každý výrobek by se zde našel vhodný stroj s potřebným příslušenstvím. [21], [22], [23], [24]

8.3.1 Aktuální nabídka strojů [21], [22], [23], [24]

Hydraulic series:

Macropower (6500-10000 kN) - Velký, hydraulický stroj se sloupkovým vedením. Vyznačuje se velmi krátkou délkou, vysokou rychlostí, přesností a snadnou výměnou velkých forem díky manuálně odnímatelnému sloupku. Varianta stroje s uzavírací silou 10000 KN je dlouhá 9,2 m. Pohyblivá upínací deska se pohybuje pomocí lineárního vedení nenáročného na údržbu.

HM serie (350-6500 kN)- Je označení pro menší velikosti hydraulických, sloupkových strojů s obrovskou flexibilitou volby mezi 8-mi uzavíracími jednotkami, 9-ti vstřikovacími jednotkami a až 12-ti průměry šneků. Dokonce je možná volba mezi dvou a třideskovou konstrukcí uzavírací jednotky. Snadnou údržbu zajišťuje výkyvný systém vstřikovací jednotky. Vyznačuje se Vysoce výkonnými plastifikačními systémy pro všechny termoplasty, duroplasty a elastomery při hmotnostech vstřiku do 1300 g PS. Stroje jsou k dispozici s kloubovým i pístovým mechanismem uzavírání.

Elektric series:

MicroPower (50-150 kN) - Plně elektrický bez sloupkový stroj určený k vstřikování těch nejmenších dílů. Může být vybaven robotem a otočnou dvoudílnou, pohyblivou deskou s dvěma spodními částmi formy. Z jedné je robotem vyjímán hotový výrobek a v druhé zároveň probíhá vstřikování. Výroba se pak stává produktivnější.

Ecopower (550-3000 kN) - Plně elektrický, sloupkový stroj s klasickým kloubovým uzavíracím mechanismem.

Vertikal series: (400-2700 kN) - Vertikální uspořádání uzavírací jednotky s otočným stolem s elektrickým nebo hydraulickým pohonem - **Vertikal R** a **Vertikal V**.

8.3.2 Cenová nabídka strojů:

Tab.3 Ceny strojů Battenfeld [38]

Stroj	označení vstřikovací jednotky / uzavírací síla (t)		
Macropower	5100 H/650	5100 H/800	8800 H/1000
Cena (Kč)	7 814 250	10 119 750	12 488 750
HM series	130 H/65	1330 H/240	3400 H/400
Cena (Kč)	1 427 250	3 296 250	5 565 000
Micropower	3 H/5	7,5 H/15	-
Cena (Kč)	1 584 750	1 841 250	-
EcoPower	70 H/55	750 H/240	1330 H/300
Cena (Kč)	1 624 750	3 651 250	4 890 000
Vertikal series	130 H/60V (R 1040mm)	750 H/200V (R 1520mm)	1000 H/270V (R 1755mm)
Cena (Kč)	3 036 250	4 975 750	5 871 750

8.4 Babyplast



Italská společnost Babyplast se specializuje na výrobu malých vstřikovacích lisů. Lisy od Babyplastu jsou zajímavým řešením pro velmi přesnou výrobu součástí o hmotnosti od 0,01 g – 15 g. Na umístění stroje stačí pouze 1 m² prostoru. V nabídce je jen jeden typ hydraulického stroje, který může být v horizontálním nebo vertikálním provedení. Srdcem vstřikovací jednotky jsou dva písty, které nahrazují jinak standardní šnek. [25], [26]

8.4.1 Aktuální nabídka strojů [25], [26]

Babyplast 6/10P- Horizontální s uzavírací silou 60 KN .K vedení se zde využívá klasicky vodících tyčí.

Babyplast 6/10VP-Uzavírací jednotka se otevírá vertikálně. Vše ostatní je totožné s předchozím strojem.

8.4.2 Cenová nabídka strojů

Tab.4 Ceny strojů Babyplast [40]

Stroj	1.typ
Vertikal. Babyplast	10VP/6
Cena (Kč)	727 000
Horizontal. Babyplast	10P/6
Cena (Kč)	553 000

označení vstřikovací jednotky / uzavírací síla (t)

Ceny jsou uvedeny za stroje v základním vybavení s barevným dotykovým displejem např. bez tahačů jader, podavače materiálu a dalších volitelných výbav. Poměrně nízká cena je pravděpodobně daná specializací firmy na výrobu pouze těchto dvou variant strojů.. Stroj Micropower od Battenfeld je v podobné velikosti se základním vybavením nabízen za dvojnásobnou cenu. Musíme však brát v úvahu, že stroj je s elektrickým pohonem.

8.5 Krauss Maffei



Společnost má celosvětovou působnost s hlavním sídlem v německém Mnichově. Krauss Maffei je jedinou společností na trhu, která se zabývá všemi třemi hlavními technologiemi na zpracování plastů. Konkrétně se jedná o vstřikování, vytlačování a vypěňování. Nejvíce se soustřeďuje na stroje určené k vstřikování. Nabízí širokou škálu hydraulických, elektrických, ale i hybridních strojů s uzavírací silou od 350 do 40 000 KN. Všechny stroje lze vybavit automatizační technikou také od Krauss Maffei. V ČR je Krauss Maffei zastoupena firmou Kuboušek s. r. o.. [27], [28]

8.5.1 Aktuální nabídka strojů [27], [28]

MX series (8000 – 40 000 KN) – Horizontální stroj s hydraulickým pohonem v dvou deskovém provedení. Je vhodný na produktivní výrobu velkých součástí v automobilovém průmyslu (výroba nárazníků, vnitřní výplně pátých dveří automobilů).

C3 series (1400 – 6000 KN) – Horizontální , plně elektrický , dvoudeskový lis se specializací na výrobu tenkostěnných obalů.

CV PET (1750 – 3200 KN) – Vertikální, elektrický lis speciálně navrhnutý na výrobu polotovarů PET lahví.(na jeden zdvih lze vyrobit 24 až 96 kusů)

EX series (500 – 2400 KN) – Horizontální, plně elektrický stroj. Zajímavostí u tohoto stroje je mechanismus jeho uzavírání. Výkon od motoru je přenášen přes šneková kola na tzv. Z-páku. Tato inovace zajišťuje extrémně nízkou dobu chodu na prázdno (u stroje se silou uzavírání 1600 KN = 1,4 s) . Konstrukce má 8 kloubových bodů. V porovnání s tradičními kloubovými mechanismy je to přibližně 2x méně kloubů, čímž se snižuje celkové tření při pohybu mechanismu a jsou menší nároky na mazání.

CX series (350 – 6500 KN) – Horizontální, hydraulický, 2-deskový lis nabízený ve velmi malých až středních velikostech uzavírací síly.

AX series (500 – 3500 KN) – Nový horizontální elektrický stroj.

Cenová nabídka strojů :

Tab.5 Ceny strojů Krauss Maffei [45]

Stroj	označení vstřikovací jednotky / uzavírací síla (t)		
Mx series	6100/850	8100/1000	33 000/3200
Cena (Kč)	10 040 000	12 427 500	35 210 000
Ex series	180/50	750/200	1400/240
Cena (Kč)	2 197 500	3 980 000	5 442 500
Cx series	180/50	750/200	2000/420
Cena (Kč)	1 235 000	2 852 500	5 697 500
Ax series	180/50	750/180	2000/350
Cena (Kč)	1 765 000	3 000 000	5 555 000
C3 series	700/180	1400/280	1900/380
Cena (Kč)	4 025 000	5 427 500	6 767 500

V porovnání s Battenfeld a jejich strojem Macropower je Krauss Maffei u řady Mx levnější. Plně elektrické stroje Ex jsou oproti Ecopower například u velikosti 750/200 o více než 300 000 Kč dražší, což však nejspíš bude rozdílnou konstrukcí strojů. U nové řady plně elektrických strojů Ax je cena naopak výrazně nižší než u Engel (e-Motion) i Battenfeld (Ecopower) .

8.6 Haitian International Holding



Haitian International Holding produkuje stroje pod značkami Haitian, Zhafir a Tianjian. Byla založena před více než 45 lety v Číně, kde i dnes sídlí její mateřská společnost s četným zastoupením po celém světě. V současnosti patří mezi nejúspěšnějšího celosvětového prodejce. Ročně vyrobí více než 30 000 strojů, které jsou posléze distribuovány do celého světa. Výrazným krokem vpřed je snaha o vyrovnaní cen strojů hydraulických s plně elektrickými. Stroje jsou v rozsahu 400 – 60 000 KN uzavírací síly a využívají oboustranně 5-klobového uzavíracího mechanismu. U nás je Haitian International Holding zastoupena společností Mapro s. r. o., která nabízí některé stroje i k pronájmu. [29], [30], [31]

8.6.1 Aktuální nabídka strojů

Haitian Plastics Machinery [29], [30]

Mars (600 – 60 000 KN) – kloubový, hydraulický stroj poháněný zubovým čerpadlem se synchronním motorem s řízením otáček frekvenčním měničem. Oproti běžným hydraulickým strojům přináší tato inovace výraznou úsporu energie a krácení reakčních a regulačních časů. Úsporou energie a mírou hlučnosti se blíží strojům plně elektrickým.

Saturn (600 – 60 000 KN) – Je postaven na platformě řady Mars. Zásadní rozdíl je v pohonu stroje. Je vybaven pístovým čerpadlem a určen převážně pro méně náročné technické díly.

Jupiter (12 000 – 60 000 KN) – Poslední typ, který Haitian vyrábí je stroj pouze s vyšším rozsahem uzavírací síly. Stroje Jupiter mají dvoudeskovou konstrukci uzavírací jednotky a jsou stejně jako Mars vybaveny energeticky úsporným zubovým čerpadlem v kombinaci se synchronním motorem s řízením otáček. Velkou výhodou je malá zástavba stroje.

Zhafir Plastics Machinery [29], [30]

Venuše (400 – 4100 KN) – Plně elektrický sloupkový stroj, který je technologicky nejvyspělejší ze všech nabízených druhů. Energetickými testy

u zákazníků byl porovnáván s hybridním a hydraulickým strojem a byla zjištěna výrazná úspora energie při mnohem nižší pořizovací ceně stroje.

Mercury (550 – 1500 KN) – Bezsloupkový, plně elektrický lis. Je vybaven dvojčinnou vstřikovací jednotkou. Ta obsahuje dvě vstřikovací jednotky. První připravuje homogenní taveninu pomocí klasického šneku a druhá ji působením tlaku pístu vstřikuje do dutiny formy. Je to vhodný stroj pro zpracování špatně tekoucích a tepelně citlivých plastů.

8.7 Invera



Česká firma se sídlem v Rakovníku, která se zabývá výrobou klasických hydraulických a v současné době i nového hybridního vstřikovacího lisu. Dělají také opravy a modernizace starých lisů, které i odkupují. Jedná se o úpravy řídicích jednotek, mechanických částí stroje nebo hydraulických obvodů. Mimo klasických strojů nabízí stroje na zpracování reaktoplastů, gumy a silikonu. V nabídce mají i elektrické stroje vyráběné společností Toshiba. Je to jediná česká firma zabývající se výrobou vstřikovacích lisů v ČR, kde funguje už od roku 1919. [32], [33]

8.7.1 Aktuální nabídka strojů [32], [33]

INTEC-M (600 – 10 000 KN) – horizontální sloupkový stroj s hybridním pohonem pro energeticky úsporný provoz.

INTEC-L (4000 – 28 000 KN) - horizontální sloupkový s hydraulickým pohonem, určený pro výrobu velkých výrobků.

INTEC (600 - 30 000 KN) – horizontální sloupkový s hydraulickým pohonem.

INTEC – vertikál (150 – 5000 KN) – vertikální, se sloupkovým nebo bez sloupkovým vedením, hydraulický pohon.

INTEC - PVC (1000 - 28 000 KN) – horizontální se sloupkovým vedením s hydraulickým pohonem. Stroj navržený k výrobě dílů z PVC.

8.8 Zhodnocení výsledků

Z výše uvedeného můžeme vidět, že nejlepším dodavatelem co se univerzálnosti týče je Arburg reprezentován svým strojem Allrounder V. Dalším unikem této firmy je systém Vario umožňující volný horizontální pohyb vstřikovací jednotky.

Engel nahradil sloupky z upínacích desek bezsloupkovou konstrukcí, jež je bohužel omezena svou velikostí. Jejich stroje jsou vybaveny moderním intuitivním řízením CC200. Obdobu funkcí tohoto řízení najdeme i u ostatních výrobců, pouze s rozdílným ovládáním obsluhy. Významným produktem je bezsloupkový stroj E-Victory, který díky hybridnímu pohonu šetří energii a tím pádem je i šetrný k životnímu prostředí. Alespoň jeden hybridní stroj má však v rámci ekodesignu každá z porovnávaných společností. Speed dosahuje vysoké vstřikovací rychlosti a krátkou dobu chodu na prázdno.

Firma Battenfeld je ojedinělá tím, že nabízí širokou nabídku veškerého příslušenství. V porovnání s firmou Engel jsou však jejich vstřikovací lisy o něco dražší.

Ojedinělou společností na trhu je babyplast v jehož sortimentu lze nalézt pouze dva produkty, které se vyznačují tím, že zauímají velmi malý prostor a jsou určeny pro výrobu těch nejmenších součástí i v řádu setin gramů.

Jedinou společností na trhu, která se zabývá hned několika hlavními technologiemi zpracování plastů, tedy například vstřikování, vyfukování je Kraus Maffei. Inovací, kterou Krauss Maffei nabízí je uzavírací mechanismus pomocí Z páky.

K největším producentům strojů na trhu patří Haitian International Holding, který se snaží o vyrovnání cen strojů hydraulických s plně elektrickými, což dle mého mínění jde na úkor jejich kvality.

Jediným výrobcem vstřikovacích lisů v České republice je společnost Invera. V jejich sortimentu jsou pouze stroje hydraulické a v současnosti k nim přibyl i stroj hybridního typu. Z toho lze usuzovat, že už i u nás dochází k obměně starších hydraulických lisů za šetrnější k životnímu prostředí.

Navzdory nepřebernému množství velmi kvalitních produktů, v dnešní konzumní společnosti spotřebitelé stále upřednostňují nízkou cenu před kvalitou.

9 Odebírání hotových dílů

- 1. Ručně**
- 2. Bez odběru**
- 3. Automatizací vstřikovacích lisů**

9.1 Ručně

U vstřikovacího lisu stojí dělník a po každém cyklu vyjímá hotový díl a při zastříknutí zakládá díl, jenž se má obstříknout. V současnosti se firmy snaží druh tohoto odběru minimalizovat z důvodu nízké efektivity a vysokých provozních nákladů v podobě mzdy.

9.2 Bez odběru

Hotové výrobky využívají své gravitace a volně padají do připravené bedny pod strojem nebo na pásový dopravník.

9.3 Automatizace plastikářské výroby

Vstřikovací stroje používané v našich plastikářských výrobních závodech jsou dnes z více než 50 % vybaveny automatizací. Použití robotů a manipulátorů značně urychluje a zkvalitňuje výrobu vstřikovaných dílů. Zejména u větších strojů s uzavíracími silami nad 1 500 KN je dnes použití robotů u téměř všech strojů běžné. Ekonomika je zde jednoduchá – robot pracuje bez nároku na přestávky v práci, příplatků za práci o sobotách, nedělích či svátcích a dobrý produkt, má mnohem méně prostojů než lidská obsluha. Dá se říct, že nasazení robota ke stroji se vyplatí vždy, když může nahradit lidskou obsluhu, která musí ručně vyjímát výstřiky ze stroje. Automatizace se také vyplácí v případě, když je výrobek citlivý na poškození nebo jedná-li se o velké díly, kde je vyjímání ručně obtížné a zdlouhavé. (například vnitřní obložení pátých dveří u automobilů). Navíc u velkých dílů není možné použít metodu bez odběru pomocí gravitace. Samozřejmě je nasazení robotů závislé na sériovosti výroby. Dle mého názoru se však u technologie vstřikování ve většině případů jedná o hromadnou výrobu. Dnes se používají zejména lineární manipulátory. Na bezsloupkových strojích je automatizace velmi jednoduchá a s výhodou se používá rozšířená zadní zábrana, do které

je vsunut dopravník na vynášení manipulátorem odložených výlisků (obr. 24). [17], [35]



Obr. 24 Lineární manipulátor na bez sloupkovém stroji s dopravníkem výlisků [17]

9.3.1 Odebírač vtoků

Nejjednodušším stupněm automatizace jsou odebírače vtoků (obr. 25), které se používají u strojů do zhruba 1500 KN uzavírací síly. Tento pomocník je většinou vybaven jedním přepínatelným okruhem, a lze tedy využívat jak tlakový vzduch, který ovládá kleštinu na odebrání vtoku, tak vakuum, jež umožňuje pomocí přísavky jednoduché odebrání výlisku. [35]



Obr. 25 Odebírač vtoků [35]

Odebíraný vtok je odhozen buď do nádoby k tomu určené nebo do speciální průchozí šachty, zabudované do zadní zábrany stroje, kde může být připraven pro recyklaci použitím drtícího zařízení. Pomocí rozhraní Euromap 67 lze připojit tento odebírač na libovolný vstřikovací lis, vybavený také tímto rozhraním. Jednoduché manipulátory jsou vybaveny dvěma až třemi lineárními osami s pneumatickým pohonem nebo kombinací pneumatického a elektrického pohonu. Pro možnost sklopení výlisku, který je většinou v nástroji zaformován svisle, na dopravník, jsou manipulátory vybaveny jednou otočnou osou, která umožňuje položení výlisku na plochu. Nevýhodou je, že zdvih pneumaticky poháněných os je nastavován ručně pomocí posuvných koncových spínačů. Toto nastavení nelze nahrávat do dat formy a při výměně forem se musí znovu ručně zdvih os nastavovat. [35],[43]

9.3.2 Roboty

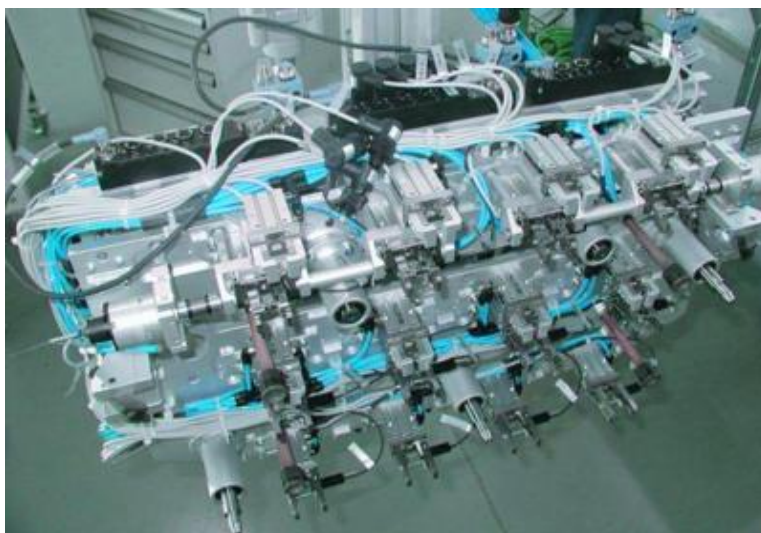
Pro účely přesného a rychlého odebírání výlisků, pohodlného programování i ukládání dat a případného vkládání zálisků do formy se používají roboty (obr.24) s lineárními osami s elektrickým pohonem a rotačními osami s pneumatickým nebo elektrickým pohonem. Přesnost opakovatelného pohybu servopohonů dosahuje až 0,05 mm. [35]

Různé velikosti robotů pak umožňují použít optimální velikost robotu pro danou velikost vstřikovacího stroje a také cenově nastavit výrobu, pokud možno co nejekonomičtěji. Robota lze osadit jednoduchou přebírací hlavou, která uchopí výlisek po otevření. Pomocí vakuových nebo tlakových pneumatických okruhů je možné dosáhnout potřebné manipulovatelnosti s výliskem jak v prostoru formy, tak v místě odkládání. Tento typ robotů je možné využít i pro uchopení zálisků a jejich následné založení do formy. Tím roste komplikovanost i hmotnost přebíracích hlav. Robot musí být v některých případech vybaven i servoelektrickými rotačními osami a dalšími přídatnými funkcemi. [35]

Firma Engel umožňuje řízení robotu plně integrovat do řízení stroje a přenos dat i odezva na změny pohybů jsou pak velmi rychlé. Přesně definovaná standardizovaná rozhraní umožňují rovněž používat roboty a automatizační přípravky různých výrobců na různé typy vstřikovacích strojů.

Se zvyšujícími se požadavky na komplexnost automatizace a komplikovaností výrobku rostou i požadavky na výbavu přebíracích hlav robotů. Přebírací hlava je název pro mechanické rozhraní mezi samotným robotem a manipulovatelným výrobkem (obr.26). [35]

V současnosti je například u robota Viper od společnosti Engel konstrukce funkčních částí pouze z oceli. Tím je dosažena vyšší pevnost v ohybu a zamezeno jednomu podstatnému zdroji nepřesností předchozích konstrukcí daných kombinací hliníkových profilů a ocelových lineárních vedení - efektu bimetalu. V běžném provozu se sice s tímto jevem provozovatel nesetkával, ale v některých náročných podmínkách tento jev mohl při vyšších teplotách způsobovat nepřesnosti například při vkládání malých dílů do formy. Robot je vybaven řadou funkcí, jedna z nich je rozpoznání hmotnosti výlisku. Je schopen rozpoznat okamžitou hmotnost zátěže na osách a přizpůsobit dynamické hodnoty pohybů aktuálnímu výlisku. Robot pak využívá maximálního možného zrychlení, aniž by došlo k poškození nebo většího opotřebení funkčních částí. Zároveň se energetická spotřeba robotu pohybuje v hodnotách optimálních pro jednotlivé pohony. Na trhu najdeme robot Viper s nosností až 60 kg. [37],[34]



Obr.26 Přebírací hlava robotu [35]

9.3.3 Komplexní automatizace

Vývoj automatizace vede k zavádění soustav sestávající jednoho nebo více vstřikovacích lisů, které jsou propojeny roboty s dopravníky, podavači, kontrolními stanicemi a například i lakovacím pracovištěm pro nanášení různých barev či laků nebo montážním pracovištěm, které může být opět automatizováno. [35]

10 Závěr

Tato práce popisuje základní částí vstřikovacího lisu. Poukazuje na moderní trendy v konstrukci vstřikovací jednotky.. Z uvedených zdrojů se lze dozvědět, že existuje široké spektrum modifikací vstřikovacích šneků podle zpracovávaného materiálu a jeho vlastností. Práce popisuje funkci třech hlavních druhů: klasického tří-zónového, velmi používaného bariérového a nově vyvinutého dvojčinného šneku. Z popisu je zřejmé, v jakých případech je každý z uvedených šneků používán. V další části se lze seznámit s kloubovým uzavíracím mechanismem, jenž je v rozmanitých provedeních s různými počty kloubů stále používán spolu s pístovým uzavíracím mechanismem. Poslední částí je řídicí jednotka. Řídicí systém CC200 u strojů Engel nabízí mnoho inovací a vylepšení. Nastavit stroj, aby skutečně dělal to, co je od něj požadováno, je dnes poměrně jednoduché. Způsoby ovládání jsou pro uživatele poměrně snadno srozumitelné.

V kapitole konstrukčních provedení lisů jsou charakterizovány používané druhy konstrukcí. Díky možnosti exkurze do TRW Carr s. r. o. a průzkumem webu bylo možné vyvodit závěry, že nejpoužívanějším typem konstrukce vstřikovacího lisu je v dnešní době klasický horizontální třídeskový stroj se sloupkovým vedením. Zajímavým řešením společnosti Engel je stroj s bezsloupkovým vedením. Bezsloupková konstrukce je výhodná zejména pro snadnou automatizaci stroje a lepší manipulaci při zavádění nové formy. Z porovnání elektrického lisu s hydraulickým jsou patrné jejich konstrukční i funkční rozdíly. Můžeme pozorovat, že každý stroj je vhodný pro jinou aplikaci. V budoucnosti se dá předpokládat větší výskyt elektrických strojů, díky snížení jejich ceny, protože cena strojů je mimo jiné závislá na sériovosti výroby.

Z charakteristiky několika známějších výrobců vstřikovacích lisů vyplývají možnosti trhu v tomto průmyslovém odvětví a rozdíly jak v nabídce strojů, tak v jejich cenách. Principy a detailnější popis konstrukcí strojů jednotlivých výrobců není bohužel popsán z důvodu know how samotných firem.

Vývojem technologie vstřikování a zpracovatelských strojů a zároveň se zvyšujícími se nároky na kvalitu a produktivnost výroby se čím dál více uplatňuje automatizace odběru hotových dílů. Tím se snižují počty

zaměstnanců ve výrobních podnicích a náklady na jejich mzdy. I přes vysoké počáteční náklady se většinou automatizace odběru hotových dílů u vstřikování vyplácí. Vývoj automatizace bude nejspíš směřovat k častějšímu zavádění takzvané komplexní automatizace.

Bakalářská práce může být využita pro firemní účely ke školení nových zaměstnanců a ke snadnější orientaci na trhu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

[1] dostupné z www:

<http://www.advplast.cz/cze/plasty.html>

[2] dostupné z www:

<http://www.mmspektrum.com/clanek/historie-a-rozvoj-vstrikovani-plastu-v-cr.html>

[3] Zeman L., Vstřikování plastů BEN - technická literature, 2009, ISBN 978-80-7300-250-3

[4] ŠTĚPEK J., ZELINGER J., KUTA A., Technologie zpracování a vlastnosti plastů. 1. vyd. Praha, Bratislava : SNTL, Alfa, 1989. 638 s. ISBN DT 678.5(075.8).

[5] LENFELD P., Technologie II. – 2.část(zpracování plastů) Technická univerzita v Liberci, 2009, ISBN 978-80-7372-467-2

[6] dostupné z www:

<http://www.xaloy.com/Product-Melt-Pro-Barrier-Screw>

[7] Keller W., Stitz S., Spitzgiesstechnik –Vorbereitung-Maschine- Peripherie, Hanser Verlag, 2004 (2.Auflage), ISBN 3-466-22921-3

[8] dostupné z www:

http://www.bamas-elektro.cz/eur/eur_sn2.html

[9] dostupné z www:

<http://www.mmspektrum.com/clanek/vlastnosti-vstrikovacich-jednotek.html>

[10] dostupné z www:

http://www.engelglobal.com/engel_web/global/de/22_3451.htm

[11] dostupné z www:

http://www.xaloy.com/Category-Injection-Screws?pr_id=12

[12] dostupné z www:

http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=10&sqi=2&ved=0CHkQFjAJ&url=http%3A%2F%2Fwww.engelglobal.com%2Fengel_web%2Fglobal%2Fde%2Fmedia%2FENGEL_Pressemitteilung_Zweigaengige_Schnecken.pdf&ei=2NCyT62vMMvz-gaFypD8CQ&usq=AFQjCNEPEwuQ43EWIxpCZ30Gq3x8r_YOzA&sig2=ZIVCAS-YPc2UObIZ1SYR9Q

[13] dostupné z www:

http://www.engelglobal.com/engel_web/global/en/media/en_prod_dl_control_low.pdf

[14] dostupné z www:

<http://www.mmspektrum.com/clanek/novinky-ve-vstrikovani-plastu.html>

[15] dostupné z www:

http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=32328

[16] dostupné z www:

http://www.engelglobal.com/engel_web/ecz/cz/index.htm

[17] dostupné z www:

<http://www.mmspektrum.com/clanek/konstrucni-provedeni-vstrikovacich-lisu.html>

[18] dostupné z www:

<http://www.mmspektrum.com/clanek/moznosti-snizeni-vyrobnich-nakladu-v-plastikarske-vyrobe.html>

[19] dostupné z www:

<http://www.arburg.com/com/COM/de/>

[20] dostupné z www:

http://www.engelglobal.com/engel_web/global/de/index.htm

[21] dostupné z www:

<http://firmy.industry-eu.cz/wittmann-battenfeld-cz-spol-s-ro>

[22] dostupné z www:

http://svetplastu-eu.vasestranky.cz/doc/SP4_MSVBRNO_2011.pdf

[23] dostupné z www:

<http://www.battenfeld-imt.com/de/home.html>

[24] dostupné z www:

<http://www.wittmann-group.cz/produkty/battenfeld/modelova-rada>

[25] dostupné z www:

http://www.babyplast.com/httpweb/news/index.php?view=web_detail&news=40

[26] dostupné z www:

http://www.cecho.cz/index_cz.php

[27] dostupné z www:

http://www.kraussmaffei.com/en/Divisions/Injection-Molding-Technology/Injection-moulding-machines_773/

[28] dostupné z www:

<http://www.kubousek.com/files/casopis/kinfo.html#/3/>

[29] dostupné z www:

<http://mapro.cz/index.php?stranka=onas>

[30] dostupné z www:

http://www.haitian.com/index.php?article_id=448&clang=1

[31] dostupné z www:

http://www.chinaplasonline.com/ExhibitorDB11/fs/52144/logo/20101228_163762_e.jpg

[32] dostupné z www:

<http://www.invera.cz/index.php?lang=cs&id=servo-intec-m>

[33] dostupné z www:

<http://www.kovo.net/index.php?kategorie=600&type=list&page=2>

[34] dostupné z www:

http://www.engelglobal.com/engel_web/global/en/media/automation_2011_de.pdf

[35] dostupné z www:

<http://www.mmspektrum.com/clanek/zdokonalene-postupy-vstrikovani-plastu-a-automatizace-pri-vyrobe.html>

[36] dostupné z www:

http://www3.fs.cvut.cz/web/fileadmin/documents/12135-VSZ/download/obor_stud/VSZ_-_2351054/VSZ_-_Tvareci_stroje.pdf

[37] dostupné z www:

<http://www.mmspektrum.com/clanek/novinky-pro-vstrikovaci-lisy.html>

[38] interní zdroj firmy Battenfeld

[39] interní zdroj firmy Engel

[40] interní zdroj firmy Babyplast

[41] dostupné z www:

<http://www.avplastics.co.uk/a-short-history-of-injection-moulding>

[42] dostupné z www:

<http://www.plastic-molding-technology.com/barrier-screws-of-injection-machine-192.html>

[43] dostupné z www:

http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=28497

[44] dostupné z www:

<http://www.mmspektrum.com/clanek/vstrikovaci-lisy-na-plasty-v-plne-elektrickem-provedeni.html>

[45] dostupné z www:

<http://www.kraussmaffei.com/konfigurator/index.php?lang=en>

[46] dostupné z www:

http://vitani-prvnacku.ic.cz/podkl/pr_frm03.pdf

[47] dostupné z www:

<http://www.techtydenik.cz/ekodesign.php?part=16>

[48] ŠVÁB P.: Návrh technologie výroby ozubeného kola z plastu [online]. 41-42 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, fakulta strojního inženýrství, 2010. Dostupné z WWW:

http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=16777

Prohlášení

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Datum: 25. 5. 2012

Podpis

Declaration

I have been notified of the fact that Copyright Act No. 121/2000 Coll. applies to my thesis in full, in particular Section 60, School work.

I am fully aware that the Technical University of Liberec is not interfering in my copyright by using my thesis for the internal purposes of TUL.

If I use my thesis or grant a licence for its use, I am aware of the fact that I must inform TUL of this fact, in this case TUL has the right to seek that I pay the expense invested in the creation of my thesis to full amount.

I compiled the thesis on my own with use of acknowledged sources and on the basis of consultation with the the head of the thesis and consultant.

Date: 25. 5. 2012

Signature:

